

Universidade Federal de Rondônia  
Núcleo de Ciências e Tecnologia  
Departamento de Geografia  
Programa de Pós Graduação em Geografia

**MÁRCIO FELISBERTO DA SILVA**

**ANALISE MORFOESTRUTURAL DA FOLHA PORTO VELHO SC20 V-B-V, COMO  
SUBSÍDIO A DELIMITAÇÃO DE TRAÇADOS DE ESTRADAS E RODOVIAS**

**Porto Velho  
2013**

MÁRCIO FELISBERTO DA SILVA

**ANALISE MORFOESTRUTURAL DA FOLHA PORTO VELHO SC20 V-B-V, COMO  
SUBSÍDIO A DELIMITAÇÃO DE TRAÇADOS DE ESTRADAS E RODOVIAS**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Geografia PPGG- Programa de Pós Graduação em Geografia, como requisito para obtenção do título de mestre.

Linha de Pesquisa: Paisagem, Natureza e Sustentabilidade.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eloíza Elena Della Justina

Porto velho  
2013

MÁRCIO FELISBERTO DA SILVA

**ANALISE MORFOESTRUTURAL DA FOLHA PORTO VELHO SC20 V-B-V, COMO  
SUBSÍDIO A DELIMITAÇÃO DE TRAÇADOS DE ESTRADAS E RODOVIAS**

Dissertação apresentada ao curso  
de Mestrado em Geografia  
PPGG- Programa de Pós  
Graduação em Geografia, como  
requisito para obtenção do título  
de mestre.

Linha de Pesquisa: Paisagem,  
Natureza e Sustentabilidade.

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eloíza Elena Della Justina  
Orientadora

---

Prof. Dr Eliomar Pereira Filho

---

Prof. Dr.Norton Roberto Caetano

Porto Velho, de de 2013

Quero dedicar esse trabalho a Milton Felisberto da Silva, meu pai, o qual nunca restringiu meu acesso a educação e que, muitas vezes mesmo sem condições, garantiu o suficiente para que eu nunca abandonasse esse caminho. A esse gesto nobre e consciente que resultou na conquista dessa nova etapa em minha vida, com emoção ao escrever, lhe presenteio com essa dedicação.

*“Se consegui enxergar mais longe, foi porque estava apoiado sobre ombros de gigantes”.*

Isaac Newton

Agradeço a Deus pelo seu essencial, pelo amor e equilíbrio.

Agradeço a todos os professores que tive durante toda a vida.

Aos professores dessa Universidade que contribuíram com cada tijolo durante toda  
minha formação.

Ao professor Pedrinho que muito nos ensinou na disciplina de filosofia e que nesse  
mundo já cumpriu sua missão.

Agradeço a minha orientadora Eloíza Della Justina por acreditar em mim desde a  
graduação (de uma forma muito paciente), a qual com todo amor e dedicação que  
tem para com todos os alunos, de maneira sempre justa, tem contribuído de maneira  
muito positiva na vida de cada um.

A todos os professores deste PPGG pela luta diária para colocar a Curso de  
Geografia dessa instituição em um espaço cada vez mais prestigiado.

A CAPES pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa, sem o qual  
certamente as limitações seriam bem maiores.

Agradeço a família e aos amigos que são a motivação para continua sempre lutando  
por dias melhores.

A todos estes que tive o prazer em agradecer, que são os gigantes que nos ajudam  
a ver o horizonte, agradeço de coração tomando para mim o exemplo de amor,  
carinho e ajuda ao próximo.

FELISBERTO SILVA, M. **Análise Morfoestrutural da Folha Porto Velho SC20 V-B-V como Subsídio a Delimitação de Traçados de Estradas e Rodovias.** Dissertação (Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia) – Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR. Porto Velho, 2013.

### **Resumo**

Essa pesquisa teve como objetivo realizar a análise morfoestrutural da Folha Porto Velho SC 20 V-B-V para subsidiar traçados para estradas e rodovias. Utilizou-se como método a análise da rede de drenagem e do relevo para extrair as formas rúpteis e dúcteis, estabelecer as zonas de densidades e analisá-las de maneira integrada para identificar quais as áreas mais adequadas para esse uso. As formas dúcteis são representadas pelos Altos e Baixos Estruturais e Topográficos, enquanto que as rúpteis são representadas pelas fraturas que se classificam em lineamentos estruturais e traços de juntas. As diversas metodologias utilizadas para a análise de todas as variáveis nos mostram quais as potencialidades e limitações do tipo de cada morfoestrutura aqui apresentada, esse resultado é a base que subsidiará a escolha da melhor opção para delimitar um traçado para estradas ou rodovias.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise Morfoestrutural, Áreas de Fragilidade Ambiental, Traçado de Rodovias, Folha Porto Velho SC20 V-B-V.

## **Abstract**

This survey aims to perform the analysis morphostructural of Folha Porto Velho SC20 V-B-V to subsidize routes for roads and highways. Was used as a method to analyze the drainage network and to extract the relevant forms brittle and ductile, establish the zone densities and analyze them in an integrated way to identify the most suitable areas for this use. Ductile forms are represented by Highs and Low Structural and Topographic, while the brittle fractures are represented by that rank structural lineaments and traits together. The various methods used for the analysis of all variables show in which the potentialities and limitations of each type Morphostructure presented here, this result is the base that will subsidize the choice of the best option to define a path for roads or highways.

**KEYWORDS:** Analysis morphostructural, Areas of Fragility Environmental, Trace Road, Folha Porto Velho SC20 VBV.



## **Lista de Siglas**

CIM: Carta Internacional ao Milionésimo

CTB: Código de Transito Brasileiro

DEM: Digital Elevation Model

DNER: Departamento Nacional de Estradas e Rodagem

DNIT: Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE/IPT: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais / Instituto de Pesquisas Tecnológicas

PAULIPETRO: Empresa Paulista de Petróleo

PLANAFLORO: Plano Agroflorestal do Estado de Rondônia

SEDAM: Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental

SIG: Sistema de Informações Geográficas

SRTM: Shuttle Radar Topography Mission

## Lista de Figuras

FIGURA 01: Desdobramento da Folha Porto Velho SC20 de 1:1.000.000 à 1:100.000. Adaptado de IBGE (1993). .....	18
FIGURA 02 – Carta Imagem com a localização da Folha Porto Velho. ....	20
FIGURA 03: Mapa de Pluviosidade da Folha Porto Velho. ....	22
FIGURA 04: Mapa Hidrográfico da Folha Porto Velho. ....	25
FIGURA 06: Formação Laterítica na área do Parque Municipal Olavo Pires. ....	29
FIGURA 07: Coberturas Sedimentares Pedregosas .....	30
FIGURA 08: Coberturas Sedimentares Arenosas .....	30
FIGURA 09: Coberturas Sedimentares Argilosas .....	31
FIGURA 10: Mapa De Geologia da Folha Porto Velho. ....	32
FIGURA 11: Mapa De Geomorfologia da Folha Porto Velho. ....	35
FIGURA 12: Mapa de Pedologia da Folha Porto Velho. ....	39
FIGURA 13: Mapa de Vegetação e Uso da Terra na Folha Porto Velho. ....	43
FIGURA 14: Deformações Dúcteis. Press & Siever (2006).....	46
FIGURA 15: Modelo esquemático de Baixos estruturais e Altos estruturais identificados a partir da rede de drenagem, conforme Della Justina (2009), modificado de Miranda (1994) e Ibanez (2006).....	47
FIGURA 16: Potencialidades e limitações das Morfoestruturas Dúcteis, conforme de Jiménez-Rueda et al. (1993) modificado por Shimbo (2006). ....	49
FIGURA 17: Recomendações de uso em áreas de Morfoestruturas Dúcteis conforme suas especificidades e capacidade de suporte. Modificado de Della Justina (2009). ....	49
FIGURA 18: Gênese e tipologia de falhas. ....	51
FIGURA 19: Fluxograma da Análise Morfoestrutural. ....	56
FIGURA 20: Padrões de rede de drenagem. Adaptado de Howard (1967). ....	59
FIGURA 21: Interpretação de anomalias de drenagem para a construção das linhas de contorno do mapa de morfoestruturas. ....	65
FIGURA 22: Drenagem 1:100.00 (IBGE 1980) e Drenagem Adensada 1:50.000.....	70
FIGURA 24 - A: Padrões da rede de drenagem da Folha Porto Velho. Howard (1967) .....	74
FIGURA 24 - B: Padrões De Drenagem da Folha Porto Velho. Howard (1967).....	76
FIGURA 25: Mapa de Lineamentos Estruturais da Folha Porto Velho.....	78
FIGURA 26: Diagrama De Rosetas com Frequência de Direções Dos Lineamentos Estruturais da Folha Porto Velho.....	79
FIGURA 27: Lineamentos estruturais com direções de N10E a N80E.....	81
FIGURA 28: Lineamentos estruturais com direções de N10W a N80W.....	82
FIGURA 29: Lineamentos estruturais com direções de N-S .....	84
FIGURA 30: Lineamentos estruturais com direções de E-W .....	85
TABELA 01: QUADRO COM OS PRINCIPAIS LINEAMENTOS E SUAS DIREÇÕES .....	86
FIGURA 31: Mapa de Densidade dos lineamentos estruturais. ....	88
FIGURA 32: Mapa de Densidade de Traços de Junta .....	90

FIGURA 33: Mapa de Zonas de Variação de Máximos 1.....	93
FIGURA 34: Mapa de Zonas de Variação de Máximos 2.....	95
FIGURA 35: Zona de variação de máximos conforme o grau de suscetibilidade a processos erosivos.....	96
FIGURA 36: Mapa de Sobreposição das Zonas de Máximos 1 e Máximos 2. ....	97
FIGURA 37: Mapa de Altos e Baixos Estruturais e Topográficos da Folha Porto Velho .....	99
FIGURA 38: Alto Estrutural com Alto Topográfico localizado a margem direita do rio Madeira nas proximidades da cachoeira de Santo Antônio, onde hoje está construída a Hidrelétrica de Santo Antônio, com afloramentos de rochas graníticas (fotos A e B) e uma extensa cobertura Laterítica (foto C). ....	100
FIGURA 39: A/a – Alto Estrutural com Alto Topográfico na margem direita do rio Madeira, o qual exerce parte do controle do arco estrutural do rio Madeira próximo ao distrito de São Carlos. Este A/a localiza-se entre o arco e a calha do rio Jamari, tendo como embasamento geológico a formação Serra da Providência. ....	101
FIGURA 40: A/b - Alto Estrutural com Baixo Topográfico na região dos paleoterraços na porção noroeste da área de estudo.....	102
FIGURA 41: Baixo Estrutural com Alto Topográfico em formação laterítica acima de 100 metros de altitude. ....	103
FIGURA 42: Baixo Estrutural com Alto Topográfico no vale do Rio Preto, próximo à confluência com o rio Candeias. ....	103
FIGURA 43: Área de Baixo Estrutural e Alto Topográfico próximo ao rio Madeira com altitude aproximada entre 76 a 100 metros. ....	104
FIGURA 44: Baixo Estrutural e Baixo Topográfico à margem esquerda do rio Madeira. ....	104
FIGURA 45: Baixo Estrutural e Baixo Topográfico à margem esquerda do rio Madeira, no período de cheia do rio. Essa área nos períodos secos é uma região de terra firme, porém fica submersa periodicamente. ....	105
FIGURA 46: Área de Baixo Estrutural e Baixo Topográfico. A margem esquerda do rio Candeias. ....	105
FIGURA 47: Mapa De Eixos Direcionais dos Altos e Baixos Estruturais. ....	108
FIGURA 48: Mapa Integrado com Informações das Áreas de Fragilidade nas Zonas de Morfoestruturas Dúcteis, Zonas de Densidades e Zonas de Traços Juntas. ....	110
FIGURA 49: Mapa com traçado esquemático de eixos de rodovias nas zonas homólogas de altos e baixos estruturais e topográficos, e também zonas de densidade de drenagem, lineamentos, traços de junta e zonas de variação de direção dos máximos 1 e 2 dos traços de junta e sobreposição de máximos. ....	112
FIGURA 50: Quadro das Potencialidades e limitações das morfoestruturas dúcteis. Adaptado de Shimbo (2006).....	113

## Sumário

1 – INTRODUÇÃO .....	14
1.1 – OBJETIVOS .....	16
1.1.1 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
1.2 - Organização do Estudo .....	17
2- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	18
2.1 - LOCALIZAÇÃO.....	18
2.2 - CLIMA.....	21
2.4 - HIDROGRAFIA .....	23
2.5 - GEOLOGIA.....	26
2.4 - GEOMORFOLOGIA.....	33
2.5 - SOLO .....	36
2.7 - VEGETAÇÃO E USO DA TERRA .....	40
3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	44
3.1 - ANÁLISE MORFOESTRUTURAL.....	44
3.2 – TIPOLOGIAS DE MORFOESTRUTURAS .....	46
3.2.1 - MORFOESTRUTURA DÚCTEIS.....	46
3.2.2 - MORFOESTRUTURA RÚPTEIS .....	50
3.3 – A SISTEMÁTICA OPERACIONAL DA ANÁLISE MORFOESTRUTURAL ....	52
3.4 – TRAÇADOS DE RODOVIAS .....	53
4 – METODOLOGIA.....	55
4.1 Materiais e Método.....	55
4.2 – ANÁLISE DA REDE DE DRENAGEM .....	57
4.2.1 - ADENSAMENTO DA REDE DE DRENAGEM .....	57
4.2.2 - MAPA DE DENSIDADE DE DRENAGEM .....	58
4.2.3 - IDENTIFICAÇÃO DOS PADRÕES E FORMAS DE DRENAGEM.....	59
4.3 - INTERPRETAÇÃO DAS DEFORMAÇÕES DÚCTEIS E RÚPTEIS.....	60
4.3.1 - IDENTIFICAÇÃO E EXTRAÇÃO DAS DEFORMAÇÕES RÚPTEIS – LINEAMENTOS E MAPA DE DIREÇÕES .....	61
4.3.2 - MAPA DE DENSIDADE DE LINEAMENTOS .....	61
4.3.3- DIAGRAMA DE ROSETA PARA FREQUÊNCIA DE LINEAMENTOS .....	62

4.3.4 - IDENTIFICAÇÃO E EXTRAÇÃO DAS DEFORMAÇÕES RÚPTEIS – TRAÇOS DE JUNTAS E MAPA DE DIREÇÕES .....	62
4.3.5 - MAPA DE MÁXIMOS DE DIREÇÃO 1 E 2 DOS TRAÇOS DE JUNTAS.....	62
4.3.6 - MAPA DE DENSIDADE DE TRAÇOS DE JUNTA .....	63
4.3.7- DIAGRAMA DE ROSETA PARA FREQUÊNCIA DE TRAÇOS DE JUNTA .....	64
4.3.8 - IDENTIFICAÇÃO E EXTRAÇÃO DAS DEFORMAÇÕES DÚCTEIS .....	64
4.4 - TRABALHO DE CAMPO .....	66
4.5 – MAPA DE SOBREPOSIÇÃO DE INFORMAÇÕES E PROPOSTA PARA TRAÇADOS DE ESTRADAS E RODOVIAS.....	67
5 – RESULTADOS .....	68
5.1 - ANÁLISE DA REDE DE DRENAGEM .....	68
5.1.1 - ADENSAMENTO DA REDE DE DRENAGEM .....	68
5.1.2 Mapa de Densidade da Rede de Drenagem.....	71
5.1.3 - Padrões e Formas de Drenagem.....	74
5.2 – ANÁLISE MORFOESTRUTURAL (RÚPTIL).....	77
5.2.1 - LINEAMENTOS ESTRUTURAIS.....	77
5.2.2 – MAPA DE DENSIDADE DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIS .....	87
5.2.4 - MAPA DE VARIAÇÃO DE MÁXIMOS 1 E 2 DE TRAÇOS DE JUNTA....	91
5.3 - ANÁLISE MORFOESTRUTURAL (DÚCTIL) .....	98
5.3.1 - Altos e Baixos Estruturais.....	98
5.3.2 – Características Das Áreas De Altos e Baixos Estruturais e Topográficos .....	100
5.4 – INTEGRAÇÃO DOS RESULTADOS .....	109
6 – ANÁLISE INTEGRADA .....	113
07 – CONCLUSÕES .....	116
08 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119

## 1 – INTRODUÇÃO

O objetivo deste estudo é subsidiar a escolha de traçados de rodovias a partir da utilização da metodologia de análise morfoestrutural, na folha Porto Velho, como ferramenta para identificar quais as melhores opções do terreno. Por isso o foco principal desse estudo é criar alternativas que auxiliem na tomada de decisão para definir a melhor opção na escolha de traçados para rodovias.

Embora objetive auxiliar em traçados de rodovias, é importante ressaltar que este estudo é de grande importância também nas tomadas de decisões para construção de dutovias, linhas de transmissão, ferrovias entre outros.

A área escolhida para a aplicação da metodologia abrange dois núcleos urbanos, sendo eles o da cidade de Porto Velho e o da cidade de Candeias do Jamari, onde sempre ocorre uma demanda contínua tanto de expansão territorial por conta do aumento da população, como também econômica por conta das relações comerciais que ocorrem a nível nacional e internacional ligadas a esses núcleos urbanos. Portanto a construção de novas estradas e rodovias é imprescindível para o desenvolvimento das cidades, haja vista que dentre as vias de transporte praticadas no Brasil, a de estradas e rodovias são as principais.

Silva Junior (2004) em sua dissertação sobre geografia de redes e logística de transporte rodoviário afirma que as estradas e rodovias estabelecem um fluxo de transportes, o qual oportuniza a criação de redes, sejam elas redes urbanas ou redes técnicas. Isso demonstra parte de toda uma complexidade e também importância de rodovias para o desenvolvimento de uma determinada região.

Já é notório que nos dias atuais há uma necessidade indiscutível de aplicação dos conhecimentos referentes ao meio físico para a tomada de decisão no uso racional dos recursos naturais, em conformidade com sua capacidade de suporte. Gestores das áreas metropolitanas passam pelo desafio de planejar a ocupação dos espaços de forma racional, ordenando o uso da terra, de acordo com as potencialidades ou deficiências do meio natural. O conhecimento do meio físico para a construção de rodovias se faz necessário para evitar problemas na construção e na manutenção das mesmas. A importância de ter-se atenção quanto ao uso ordenado e planejado do meio físico tem recebido cada vez mais atenção

especial pelas consequências negativas que uma obra não planejada pode acarretar em longo prazo.

Nos estudos de EIA/RIMA para o traçado de estradas são comuns considerar os aspectos bióticos, pedológicos, socioeconômicos, entre outros. Para Jimenez-Rueda *et al.*(1993) e Ohara *et al.* (2003), é necessário que se incluam, também, os aspectos morfoestruturais. Para os autores citados, a análise morfoestrutural é a alternativa para o reconhecimento de estruturas (rúpteis e dúcteis) que oportunizam uma melhor compreensão da dinâmica dos processos superficiais e subsuperficiais e respondem pela estabilidade ou instabilidade da morfologia da paisagem.

A construção de uma obra linear, conforme Kochen (2006), é bastante complexa em relação a escolha da localização e consequentemente pelos custos de sua manutenção por conta das características do meio físico da região onde um determinado empreendimento será instalado.

Como essas obras atravessam extensas áreas abrangendo terrenos com características diversas, os estudos de viabilidade configura-se de suma importância, não só no traçado da obra, como também na redução dos custos, haja vista que adequando a obra ao meio ambiente e não o contrário, faz com que os investimentos tenham custos bastante reduzidos em todas as etapas da construção e na manutenção.

Nos procedimentos de análise morfoestrutural parte-se do estudo da rede de drenagem e do relevo, usando técnicas de interpretação radar-geológica em imagens SRTM, e também interpretação de imagens ópticas orbitais, e outros dados vetoriais criados a partir do Sensoriamento Remoto. A metodologia empregada nesse estudo é também bastante utilizada para variados fins, de forma econômica e eficiente, onde o Geoprocessamento e o SIG são ferramentas fundamentais. Essa sistemática de análise morfoestrutural é aplicada em pesquisas de áreas de petróleo, implantação de obras sanitárias, planejamento territorial, zoneamentos ambientais, (MATTOS 1982; CAETANO 2006; JIMÉNES-RUEDA *et al* 1993; DELLA JUSTINA 2009) entre outros.

## **1.1 – OBJETIVOS**

➤ Analisar as características do meio físico da área da Folha Porto Velho, SC20VBV, a partir das informações de morfoestruturas rúpteis e dúcteis e classificar as áreas quanto as suas características ambientais e implicações ao uso para obras lineares.

### **1.1.1 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

➤ Analisar a rede de drenagem e o relevo para identificar as estruturas dúctes e mapear áreas de altos e baixos estruturais e topográficos.

➤ Identificar as estruturas Rúpteis classificando-as em Lineamento e Traços de Junta, e mapear as zonas de maior suscetibilidade ambiental pela densidade de fraturas e direção destas.

➤ Definir as melhores opções de traçados levando em consideração os resultados obtidos da análise das morfoestruturas.



## 1.2 - Organização do Estudo

Este estudo que aplica o método de análise morfoestrutural para subsidiar a delimitação de traçado de estradas e rodovias na Folha Porto Velho SC20 V-B-V, está organizado em oito capítulos de maneira que as informações e procedimentos pudessem estar dispostos de uma forma sistemática e de fácil compreensão, apresentados como seguem:

Capítulo 1: Introdução do assunto relatando a importância desse estudo para a delimitação de traçados de rodovias, bem como as exigências dos órgãos fiscalizadores para esse fim. É colocada também uma prévia de como o estudo é realizado, seus objetivos gerais e específicos e quais as demais possibilidades de aplicação desse estudo em outros setores.

Capítulo 2: Esta parte do trabalho busca caracterizar a área de estudo em termos gerais, como localização, geologia, clima, geomorfologia, solo, hidrografia, vegetação e uso da terra.

Capítulo 3: Este capítulo traz os embasamentos teóricos a cerca de estudos relacionados a identificação e análises morfoestruturais, como também toda dinâmica estrutural da região, e ainda normas relacionados a planejamento de construção de rodovias.

Capítulo 4: Traz explicações a cerca dos materiais utilizados e diversos métodos empregados durante a pesquisa, desde trabalhos em gabinete como as pesquisas em campo.

Capítulo 5: Este capítulo mostra os mapas e resultados gerais obtidos através das metodologias utilizados, e por fim faz-se a sobreposição desses resultados.

Capítulo 6: Neste capítulo, na sequência, buscou-se discutir de forma integrada os resultados obtidos discutindo-os a partir de suas sobreposições, apontando ainda sugestões de traçados de estradas e rodovias.

Capítulo 7: Contempla a conclusão do trabalho mencionando um apanhado geral do desfecho da pesquisa, considerações e limitações.

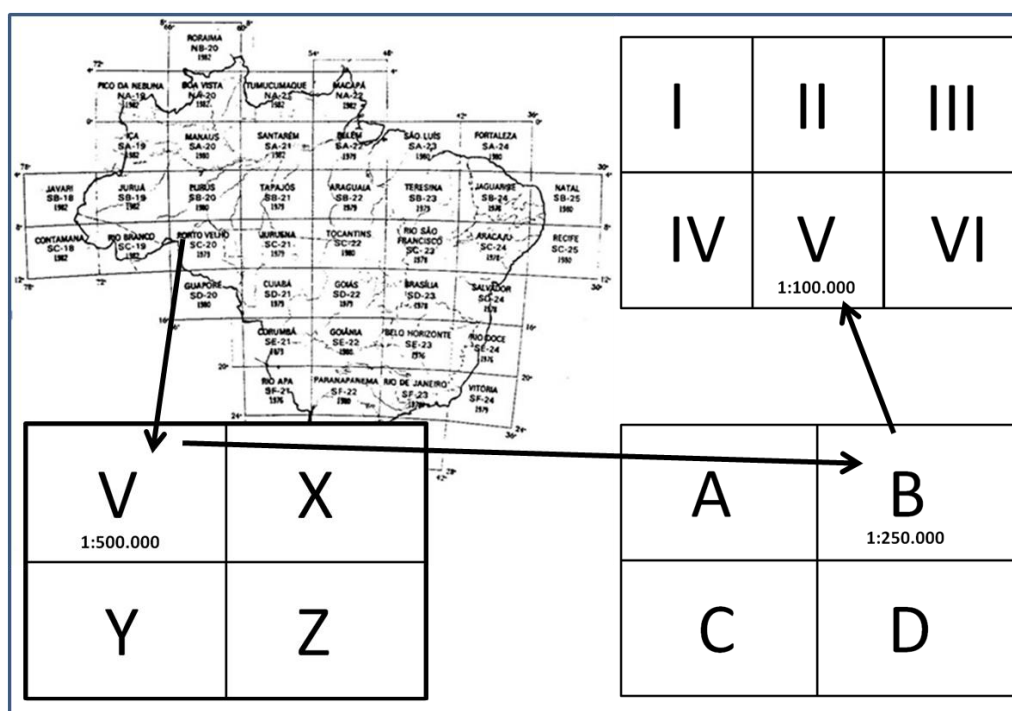
Capítulo 8: Relacionado as bibliografias utilizadas durante a realização deste trabalho.

## 2- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 2.1 - LOCALIZAÇÃO

A Folha Porto Velho SC20 V-B-V, localiza-se ao norte do estado de Rondônia, forma uma área de aproximadamente 3.040 km<sup>2</sup>, abrangendo toda mancha urbana do município de Porto Velho e ainda uma parte do município de Candeias do Jamari localizado a Leste e Sudeste da área de estudo e ainda uma pequena porção do estado do Amazonas a oeste.

A nomenclatura da Folha Porto Velho, conforme manual normativo do IBGE (BRASIL, 1993), refere-se a uma quadrícula da Carta Internacional ao Milionésimo - CIM, denominada SC20, na escala de 1:1.000.000. Esta folha desdobra-se em outras quatro folhas, denominadas V, X, Z e Y, respectivamente, na escala de 1:500.000. Estas quatro folhas desdobram-se cada uma em outras quatro folhas, denominadas A, B, C e D, em escala de 1:250.000. Cada uma dessas quatro folhas se desdobram-se em outras seis folhas, denominadas em algarismo romano de I, II, III, IV, V e VI, na escala de 1:100.000, conforme exemplo na figura abaixo.



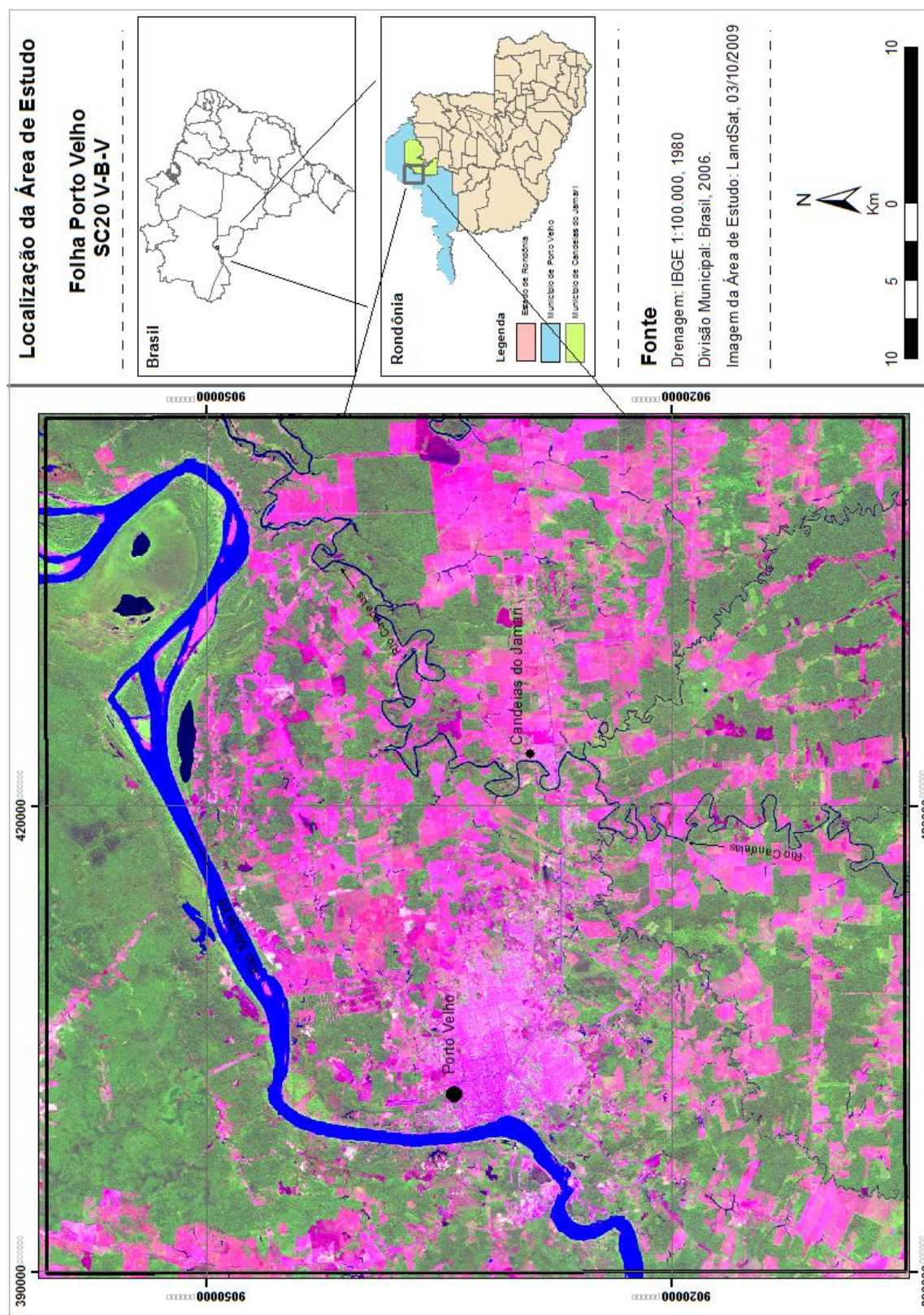
**FIGURA 01:** Desdobramento da Folha Porto Velho SC20 de 1:1.000.000 à 1:100.000. Adaptado de IBGE (1993).

O Estado fronteiriço com a área de estudo é o do Amazonas que se localiza na porção noroeste. Além de fazer fronteira, o estado do Amazonas ainda ocupa cerca de 73 km<sup>2</sup> de área nesta parte da Folha.

O município mais abrangente é o de Porto Velho ocupando cerca de 65% da área de estudo, onde possui sua mancha urbana a margem direita do rio Madeira com início de uma expansão para o outro lado do Rio.

Outro município que abrange, em menor percentual, a área de estudo é o de Candeias do Jamari. Este tem como o divisor natural o rio Candeias que o limita com o município de Porto Velho.

A área da Folha Porto Velho possui importância do ponto vista econômico e estratégico, haja vista a existência de rodovias federais que ligam o Estado de Rondônia ao Centro-Oeste do Brasil, aos Estados do Amazonas e Acre, como também aos países vizinhos, Bolívia e Peru.



**Figura 02** – Carta Imagem com a localização da Folha Porto Velho.

## 2.2 - CLIMA

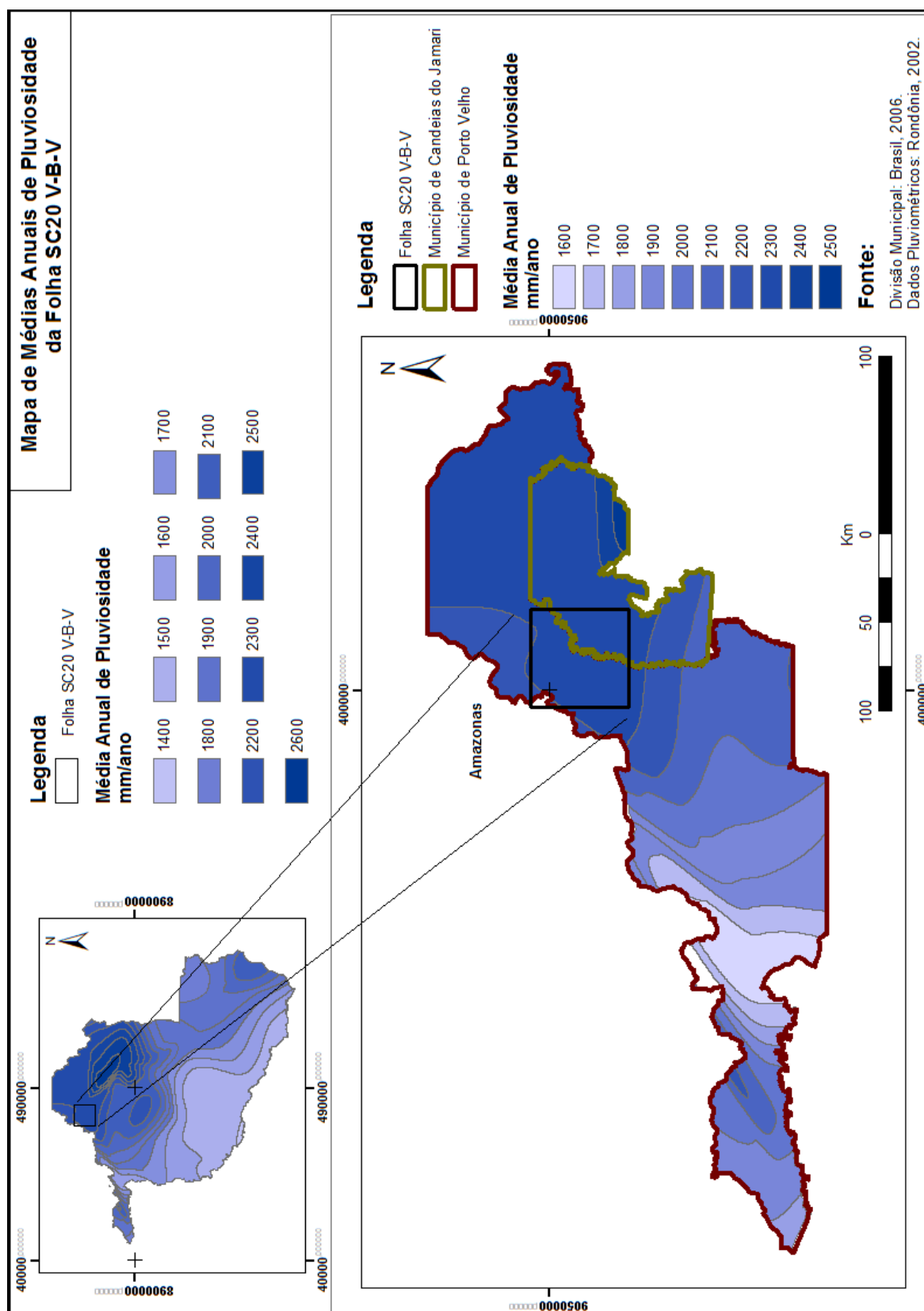
De acordo com a classificação de Köppen, como consta no Boletim Climatológico da Secretaria de Desenvolvimento Ambiental (RONDÔNIA, 2000, 2005, 2010), o clima da área é do tipo Aw - Clima Tropical Chuvoso. Strahler classifica o clima como sendo do tipo Equatorial Quente/Úmido, onde durante todo ano existem duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa.

Conforme Rondônia (2008), entre os meses de Junho a Outubro tem-se o período seco onde ocorrem os meses mais frios do ano, principalmente os meses de junho e julho, e os meses mais quentes em setembro e outubro.

Nos meses de Novembro a Maio ocorre o período chuvoso, com maior intensidade de chuvas no mês de Janeiro até Março.

A precipitação média anual é de 2.009 mm em todo o Estado (Rondônia, 2008). Na área de estudo em específico, a precipitação anual é de 2.200mm a 2.300 mm. Observa-se que em relação ao estado de Rondônia, os valores de precipitação da área de estudo, figuram entre um dos valores mais elevados, como pode ser visto no mapa de precipitação (fig. 03) que busca mostrar esse valor em relação ao demais valores em todo o Estado..

A temperatura média anual é de 25,8° C. Além de estar situada em um ponto de temperatura mais elevada do Estado, há também a grande influência de umidade por parte do rio Madeira e seus afluentes, favorecendo a evaporação e precipitação na área de estudo, resultando uma maior concentração de chuvas nessa área.



**Figura 03:** Mapa de Pluviosidade da Folha Porto Velho.



## 2.4 - HIDROGRAFIA

O principal rio da folha Porto Velho é o Rio Madeira, que se forma da confluência dos rios Beni e Mamoré, próximo a localidade de vila Murtinho, distrito do município de Nova Mamoré – RO, e deságua na margem direita do rio Amazonas, distante 50 km do município de Itacoatiara –AM.

De acordo com estudos realizados pelo MMA, Rondônia e CREA-RO (2000) que apresentou uma subdivisão de todas as bacias hidrográficas do estado de Rondônia, foi mostrado que no trecho referente a calha do rio Madeira existem seis sub-bacias, sendo que a sub-bacia denominada de Sub-bacia do Médio Rio Madeira é a terceira maior em área entre as seis e ainda é a sub-bacia na qual a área de estudo está inserida.

Dentro dessa sub-bacia, o rio Madeira está com parte do canal compreendido desde a antiga cachoeira de Santo Antônio, onde hoje está construída a Usina Hidrelétrica de Santo Antônio, até o distrito de São Carlos, após o arco estrutural do rio Madeira. Esta sub-bacia possui uma área aproximada de 5.984,27 Km<sup>2</sup>, desse total a parte abrangida pela Folha Porto Velho (área de estudo) é superior a metade, cerca de 3.040,5 Km<sup>2</sup>.

Importantes rios fazem parte desta sub-bacia dentro da área de estudo, como por exemplo, o rio Jamari que recebe o rio Candeias, que por sua vez recebe o rio Preto em sua margem direita e rio das Garças em sua margem esquerda, todos esses rios deságuam na margem direita do Madeira e apresentam as seguintes características:

- ✓ O rio Jamari ocupa uma pequena parte a oeste e nordeste da área de estudo. Depois do rio Madeira, o Jamari é o rio de maior influência na área de estudo, haja vista receber os rios de maior porte.

- ✓ O rio Candeias, afluente do rio Jamari, nasce na direção sul da área de estudo, no município de Campo Novo de Rondônia, na Serra dos Pacaás, percorrendo os municípios de Buritis, Alto Paraíso, Candeias do Jamarí e Porto Velho, com um comprimento aproximado a 300 km e apresenta como afluentes principais na Folha Porto Velho, os rios Preto e das Garças.

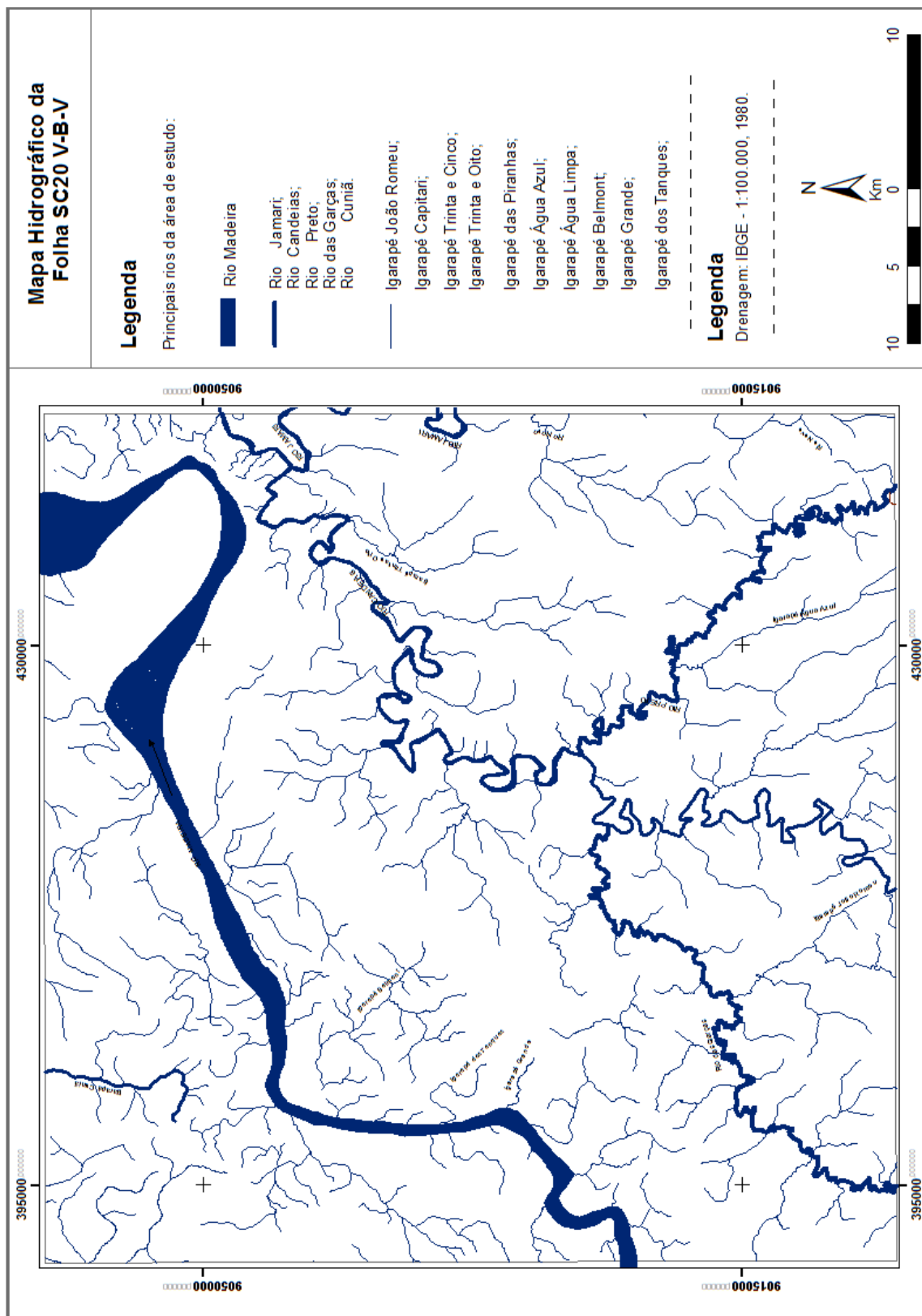
✓ O rio Preto nasce na direção sudeste da área de estudo, nas proximidades do limite entre os municípios de Ariquemes e Alto Paraíso, percorrendo ainda os municípios de Candeias do Jamari e Porto Velho, com comprimento aproximado a 150 km.

✓ O rio das Garças nasce na direção sudoeste da área de estudo, no município de Porto Velho, possuindo um comprimento médio de 90 km.

Outros rios de menor porte, porém de grande importância, pois drenam a mancha urbana da cidade de Porto Velho, são os Igarapé dos Tanques, Igarapé Grande, Igarapé Belmont e Igarapé Bate-Estacas.

Na porção noroeste da área de estudo destaca-se o rio Cuniã e seus afluentes, embora não deságue dentro dos limites da área de estudo, e ainda estar parcialmente presente, o rio Cuniã é de extrema importância por drenar a Floresta de Rendimento Sustentável Rio Madeira B e a Reserva Extrativista do Cuniã, que são áreas de proteção ambiental daquela localidade.





**FIGURA 04:** Mapa Hidrográfico da Folha Porto Velho.

## 2.5 - GEOLOGIA

A Província Rondônia-Juruema com idade entre 1.850-1.650 Ga, localiza-se a sudoeste do Cráton Amazônico em uma faixa continua que se estende de E-W desde o alto curso do rio Teles Pires no Mato Grosso, até o extremo Oeste de Rondônia com comprimento aproximado a 1.150 km e largura aproximada a 300 km. Esta província se subdivide em dois domínios sendo eles os domínios Roosevelt-Juruema e Jamari (SANTOS et al 2006; BRASIL 2007).

O Domínio Jamarí (1,76-1,33 Ga) – ocorre na parte centro ocidental do estado de Rondônia e é o embasamento mais antigo existente na região.

Em meio a esse Dominio, um evento no mesoproterozóico fez surgir a Suite Intrusiva Serra da Providencia e em outro evento posterior, ainda no mesoproterozóico, surgiu a Suite Intrusiva Santo Antônio.

Além das formações Serra da Providência e Santo Antônio já citadas, encontram-se também sobre o terreno Jamari, as Coberturas Sedimentares Indiferenciadas, os Terraços Fluviais, as Coberturas Detrito-Lateríticas, Depósitos Aluvionares e os Depósitos lacustres (fig. 10).

✓ A Suíte Intrusiva Serra da Providência, do Mesoproterozóico, é composta por um conjunto de corpos granitoides formando serras isoladas sobre um batólito de superfície de 140 km de extensão por 40 km de largura.

Segundo Brasil (2007) et al., o magmático dessa suíte perdurou por mais de 50 milhões de anos e os eventos sucessivos dessa formação se deu da seguinte maneira:

1606-1573 Ma – Batólito Serra da Providência;

1559 Ma – Charnockitos de Ouro Preto e Ariquemes;

1550-1540 Ma – Granito Cinza de Samuel;

1537-1530 Ma – Maciço União e Granito Rosa de Ariquemes.

Esta formação abrange a porção sudeste da Folha Porto Velho, no município de Cadeias do Jamari e parte do município de Porto velho, com discretas ocorrências nas margens do médio curso do rio Madeira (TASSINARI et al., 2004; DELLA JUSTINA, 2009; BRASIL, 2007).

✓ A suíte intrusiva Santo Antônio, Segundo Brasil (2007), é do período Ectasiano do Mesoproterozóico (1358-1406 Ma), ocorre na forma de batólito e seus afloramentos são presentes na cachoeira do Santo Antônio, hoje sendo a Usina Hidrelétrica de Santo Antônio, e também na margem direita do rio Madeira. Essa suíte é formada por rochas graníticas e a descontinuidade de seus afloramentos se deve ao fato da espessa cobertura intemperizada. De acordo com Payolla (1994), a suíte possui três variedades de granitos dominantes, sendo elas Quartzo monzonito equigranular, Biotita monzogranito equigranular médio e Biotita monzogranito com textura rapakivi e anti rapakivi. Na cachoeira do Santo Antônio, parte que compõe a área de estudo, o granito presente é do tipo Biotita monzogranito rosa-claro, grosso, porfirítico, com textura rapakivi.

Compõem também a área de estudo segundo Brasil (2007), as coberturas sedimentares cenozoicas, ambas do quaternário, as quais fazem parte:

✓ Os Terraços Fluviais – A ocorrência desses terraços se dá a noroeste do rio Madeira e da área de estudo, conforme os níveis de terraço representados na figura 05. Esses são antigas planícies de inundação que, segundo Quadros (1996), com o soerguimento da Cordilheira dos Andes, pode ter havido uma movimentação do canal do rio Madeira em direção a Leste, dando origem a estes terraços. Estão ao longo de uma faixa entre os municípios de Porto Velho e Humaitá, bem como se estende ainda a mais de 100 km de distância do rio Madeira no sentido noroeste, em direção ao rio Purus. São compostos por materiais arenosos e siltsosos, bem como cascalhos, com grande potencial aurífero.



**Figura 05:** Níveis de Terraço Fluvial visível à margem esquerda do Rio Madeira.

✓ As Coberturas Detrito-Lateríticas: Formação muito comum em todo o estado de Rondônia. São formadas por crostas lateríticas ferruginizadas e seus materiais se diferenciam dos outros materiais mais modernos em razão do seu avançado estado de endurecimento.

A estrutura é colunar - concrecionária ou composta por detritos eluviais/coluviários de lateritos desmantelados compostos por materiais argiloarenosos e cascalhos, cobertos por latossolos.

Embora Brasil (2007) tenha sempre atribuído essa formação ao Período Terciário/Quaternário, outros autores como Figueiredo (1974) e Litherland (1986) sugerem idades equivalentes ao Pleistoceno e Mioceno, respectivamente.

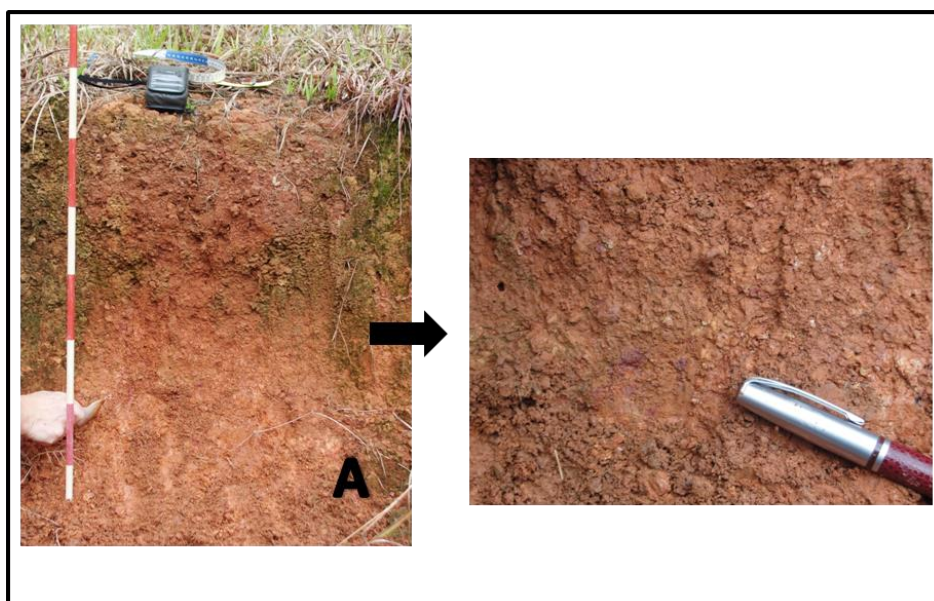


**Figura 06:** Formação Laterítica na área do Parque Municipal Olavo Pires.

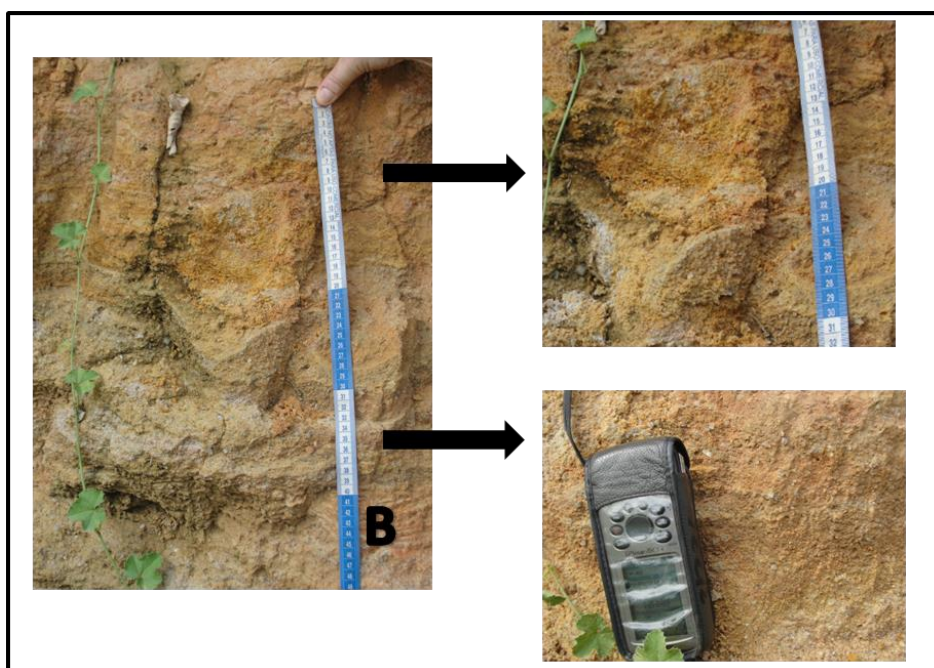
✓ As Coberturas Sedimentares Indiferenciadas – Ocupam boa parte da área de estudo, formada por sedimentos do tipo alúvio, colúvio e/ou elúvio compostos por depósitos de areia, silte, argila ou cascalho, bem como resquícios de materiais do tipo laterítico. Ocorrem no médio curso do rio Madeira, próximo a foz do rio Machado e na região de Porto Velho.

Em pesquisas a campo, realizadas em alguns pontos da cidade de Porto Velho, foi possível encontrar perfis de solo formados com sedimentos indiferenciados compostos com cascalhos (fig. 07), sobrepostos a camadas de areias (fig. 08) e argila (fig. 09) em altitudes que variam de 90 a 100 metros.

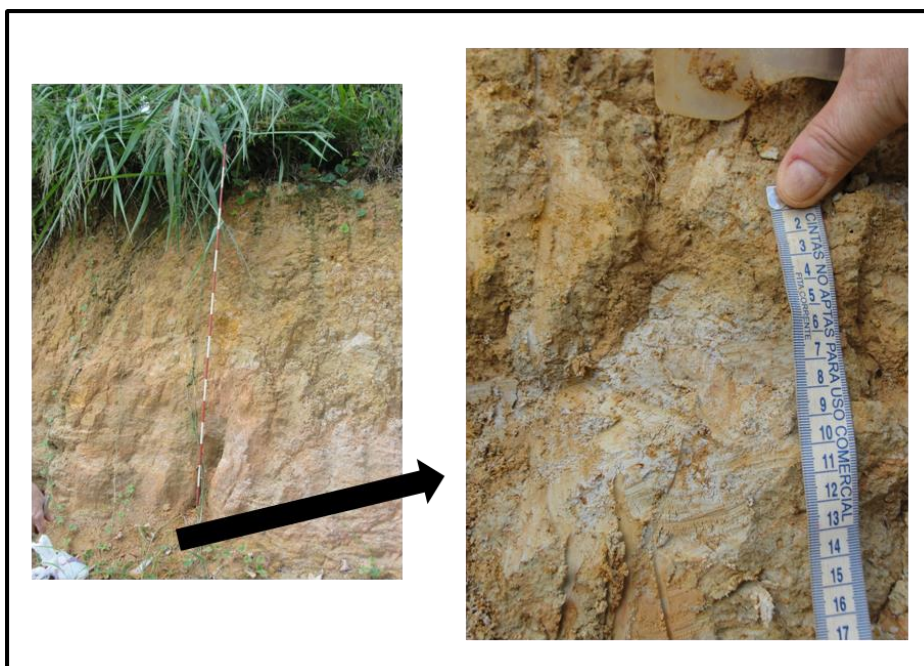




**Figura 07:** Coberturas Sedimentares Pedregosas na Área do Centro da cidade de Porto Velho.



**Figura 08:** Coberturas Sedimentares Arenosas na Área do Centro da cidade de Porto Velho.

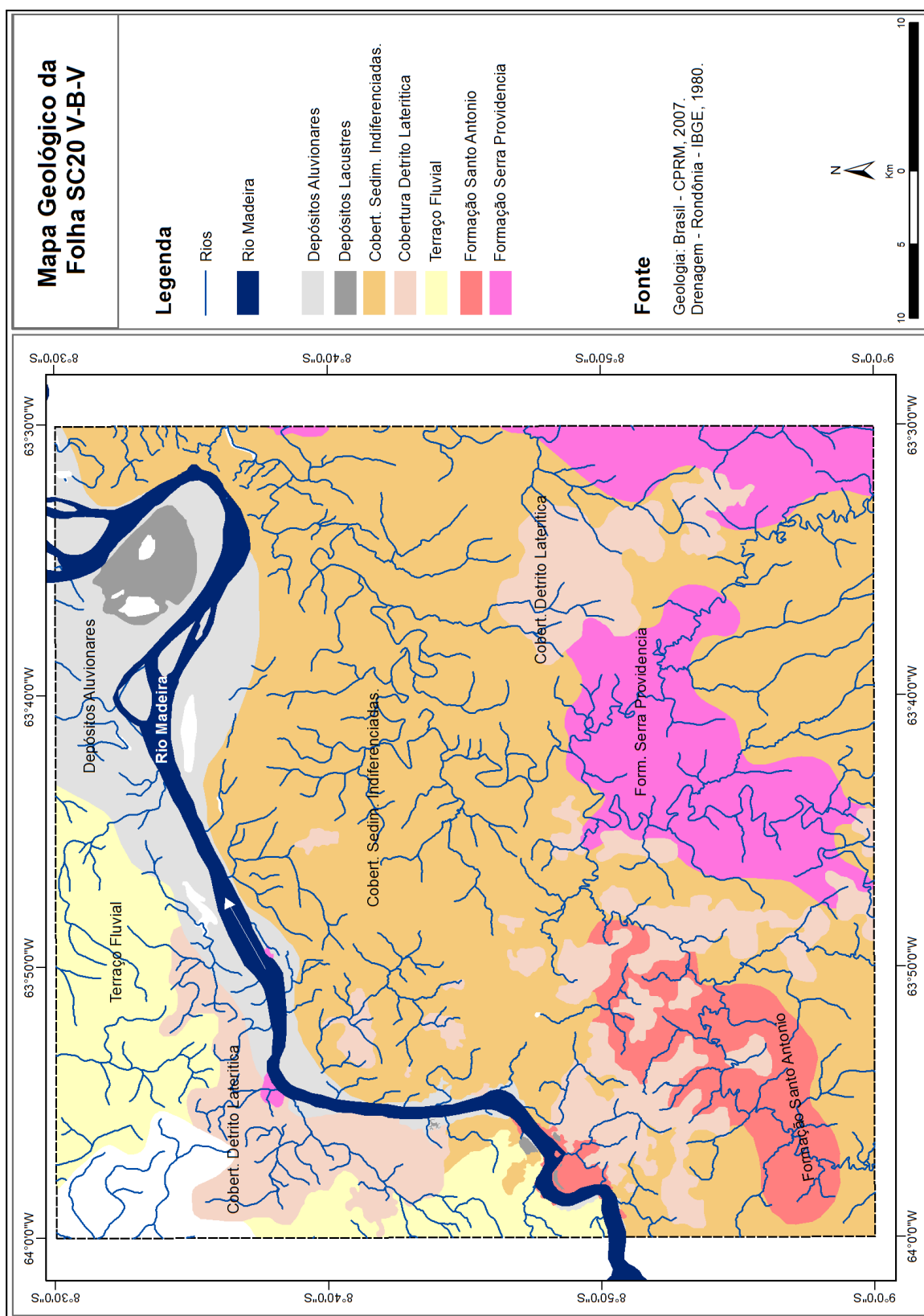


**Figura 09:** Coberturas Sedimentares Argilosas na Área do Centro da cidade de Porto Velho.

✓ Os Depósitos Lacustres – Esses depósitos são formados em ambientes flúvio-lacustre, compostos de materiais argilosos e siltosos, com linhas de deposição de areia e matéria orgânica. Estão presentes em toda jusante e montante de Porto Velho, sofrendo alagações periódicas.

Na área de estudo, a maior parte desta formação está presente no arco estrutural do rio Madeira próximo a localidade de São Carlos, na margem esquerda do rio Madeira, e uma menor parte próximo a cachoeira do Santo Antônio, próximo ao município de Porto Velho.

✓ Os Depósitos Aluvionares – Esses depósitos são formados em ambiente fluvial, compostos de materiais arenosos, siltosos e argilosos, e cascalho. Compreendem todos os sedimentos inconsolidados depositados ao longo dos leitos e margem dos rios, sendo que nos canais estão presentes as areias grossas e cascalhos de granulometria diversa, enquanto que nas margens e planícies de inundações estão presentes areias mais finas, siltes e argilas.



**Figura 10:** Mapa De Geologia da Folha Porto Velho.



## 2.4 - GEOMORFOLOGIA

A área de estudo corresponde ao Planalto Rebaixado de Rondônia, conforme Isotta *et al* (1978), figurando neste grandes depósitos do terciário e quaternário (ADAMY E ROMANINI, 1990).

Segundo dados do Planaflores (RONDONIA, 2002), a área de estudo é composta pelos seguintes tipos de relevos (figura 11):

- Modelados de Acumulação ou Agradacionais:

A 1.2. – Lagos, que correspondem aos modelados de acumulação na Planície Lacustre e/ou Flúvio-Lacustre – Apl/Apfl (BRASIL, 2009).

A 3.1. e A 3.2. – Rios Principais e Secundários, respectivamente. São planícies inundáveis e vales, correspondentes aos modelados de Acumulação Planície Fluvial - Apf (BRASIL, 2009).

A.2.1 - Terraços não dissecados: Esses terraços são antigos depósitos de origem fluvial, com variações conforme suas características de dissecação, altimetria e presença de meandros abandonados e pântanos. Se diferenciam em:

- ✓ Terraços Altos não Dissecados – A 2.1.1. – presentes predominantemente na porção oeste e noroeste da área de estudo;
- ✓ Terraços Altos com dissecação Baixa – A 2.1.2. – presentes predominantemente na porção norte-noroeste da área de estudo;
- ✓ Terraços Baixos com presença de Leitos abandonados e Pântanos – A 2.2.2. – presentes predominantemente ao longo da margem esquerda do rio Madeira próximos às planícies de inundação, na porção de norte a oeste da área de estudo.

Esses terraços, como sugere Quadros (1996), podem ser resultados da neotectônica que passaram por um processo de soerguimento com o surgimento da cadeia Andina, fazendo com que o curso do rio Madeira migrasse seu canal para Leste. Essa hipótese pode vir a justificar a presença de canais abandonados pertencentes a um sistema de drenagem, existentes na margem esquerda do rio Madeira. Essa colocação derivou-se de resultados obtidos a partir de estudos sobre

a evolução dos sistemas de drenagens dos rios Guaporé, Mamoré e Madeira, onde o autor faz a seguinte consideração:

No caso mais específico do Domínio III, que mostra uma série de feições fluviais que indicam que o paleo rio Madeira “serpenteou” por uma região muito extensa, superior a 100 km, sendo que no geral a sua tendência de migração, indicada pela paleo drenagem, foi de oeste para leste. Este fato pode ser atribuído a um reajuste dos cursos fluviais em função do soerguimento da cadeia andina, que segundo Bermerguy & Costa (1991) migravam inicialmente para oeste em direção ao oceano Pacífico, passando a migrar para leste em direção ao oceano Atlântico (QUADROS et al, 1996, p. 244).

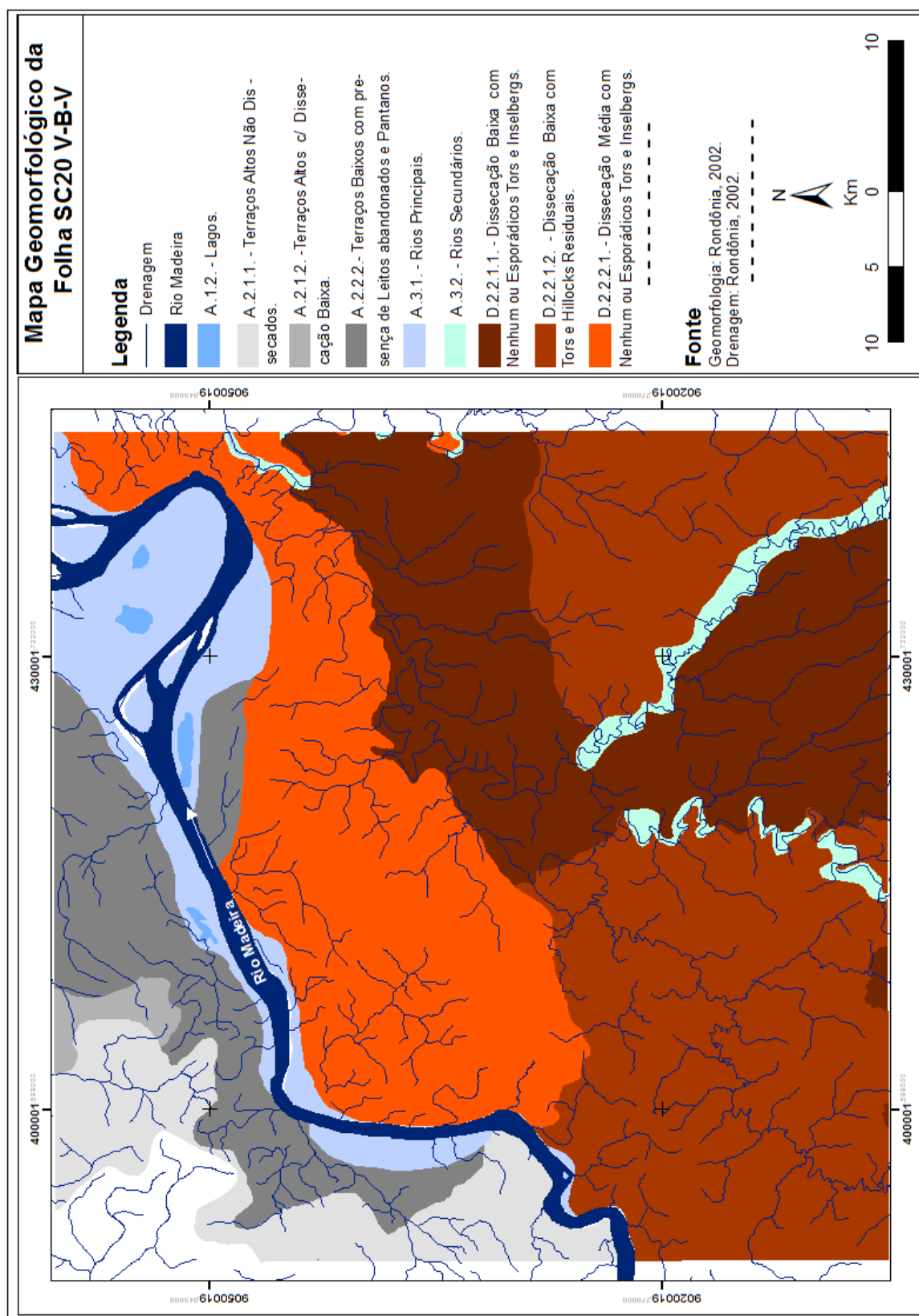
- Modelados de Denudação ou Dissecação:

Abrangem a maior parte da área de estudo. Utilizando a classificação dos modelados geomorfológicos de Rondônia (2002), as unidades presentes na área de estudo são do tipo (figura 11):

- ✓ Superfícies de aplanamento com Dissecação Baixa – D 2.2.1.1 – com nenhum ou esporádico Tors ou Inselbergs;
- ✓ Superfícies de aplanamento com Dissecação Baixa – D 2.2.1.2. – com Tors e Hillocks residuais;
- ✓ Superfícies de aplanamento com Dissecação Média – D 2.2.2.1. – com nenhum ou esporádico Tors ou Inselbergs.

Observa-se a diferença no processo de dissecação atuante na área, onde a maior intensidade acontece na porção Norte, Central e Leste da área de estudo.

De acordo com o Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (BRASIL, 2009) o processo de dissecação são do tipo homogêneo e estrutural. A diferença entre esses modelados geomorfológicos se dá pela característica do controle da drenagem, onde na dissecação homogênea os canais não obedecem a uma direção preferencial, enquanto que na dissecação estrutural ocorre ao contrário, no qual os canais são submetidos a um controle direcional por conta da estrutura litológica/geomorfológica.



**Figura 11:** Mapa De Geomorfologia da Folha Porto Velho.

## 2.5 - SOLO

A composição pedológica da área de estudo é formada predominante por Latossolos, muito comum na região. Entre esses se destacam os Latossolos Amarelo Distróficos e o Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, bem drenados e argilosos.

Conforme a nova classificação de solos criada pela Embrapa (BRASIL, 2009) e o manual técnico de pedologia do IBGE (BRASIL, 2007), os latossolos são solos profundos, horizonte B bastante espesso e bem desenvolvido, e também muito intemperizados. Possui coloração amarela e boa drenagem, porém na maioria dos casos é de baixa fertilidade natural devido a baixa ou média concentração de nutrientes.

Os latossolos representados no mapa (fig. 12), segundo Rondônia (2002), se diferenciam em:

LAD5 – Latossolos Amarelo Distrófico bem drenado e argiloso. Disposto paralelamente a margem esquerda do rio Madeira em uma faixa que se estende de norte a oeste da área de estudo. Este solo está sobreposto a uma área de terraços baixos com formações de coberturas lateríticas.

LAD14 – Latossolos Amarelo Distrófico bem drenado e argiloso associado com Gleissolo bem drenado e argiloso. Presentes em pequena proporção na parte sul da área de estudo, no baixo curso do rio João Romeu entre as bacias dos rios Das Garças e Candeias.

LAD 17 – Latossolos Amarelo Distrófico bem drenado e franco argiloso, associado com Solos Concrecionários bem drenado, argiloso e ligeiramente pedregoso. Essa associação se dá por conta da formação geológica de coberturas Detrito Lateríticas existentes sob a referida camada de solo. Presentes na parte sudeste e sul da área de estudo.

LLD1 – São Latossolos Vermelho Amarelo Distrófico bem drenado e argiloso, disposto na porção centro-leste e sudeste da área de estudo. Abrange uma área de baixa dissecação com presença de formações lateríticas.

LLD3 – São Latossolos Vermelho Amarelo Distrófico bem drenado e franco argiloso, recobrimdo a formação geológica intrusiva Santo Antônio. Abrange a porção sudoeste da área de estudo.

LLD7 – São Latossolos Vermelho Amarelo Distrófico bem drenado e argiloso associado com Gleissolo Eutrófico mal drenado e argiloso. Esse solo está situado na parte côncava do arco estrutural do rio Madeira, em sua margem esquerda, na porção nordeste da área de estudo. Recobre uma área de planície e depósitos aluvionares, e está em zona de transição com solos de sua associação.

LLD16 – São Latossolos Vermelho Amarelo Distrófico bem drenado e argiloso, associado com Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico bem drenado e argiloso. Este solo abrange toda a mancha urbana da cidade de Porto Velho, e está disposto ao longo de uma faixa a margem direita do rio Madeira, em contato com solos do tipo Gleissolos. Sobrepostos a um modelado geomorfológico de média dissecação recobrimdo a formação geológica de coberturas sedimentares indiferenciadas.

LVE 13 – São Latossolos Vermelho Escuro Eutrófico bem drenado, argiloso e ligeiramente pedregoso associado com solos concrecionários de mesmas características. Abrange uma pequena porção a sudeste da área de estudo, no município de Candeias do Jamari, recobrimdo uma pequena parte da formação Serra da Providência.

Em geral, o conjunto dos Latossolos associados ou não a outros solos representa maior parte dentre da área de estudo totalizando cerca de 2.290 km<sup>2</sup> dessa área, abrangendo aproximadamente 2/3 do total dessa área.

CD5 – Cambissolo Distrófico – aparece a sudoeste da área de estudo e se caracteriza com drenagem moderada a imperfeitamente drenado, cor bruno escuro e textura argilosa; a Noroeste apresenta-se de forma moderadamente drenado, bruno-amarelado e franco-argilo-arenoso e a oeste apresenta-se bem drenado, bruno-amarelado e argilo-arenoso, com profundidade que variam de raso a profundo, associados com Neossolos Flúvicos argilosos e moderadamente drenados (RONDONIA, 2002). Estão presentes na margem esquerda do rio Madeira, na área de terraços fluviais e na sub-bacia do rio das Garças. Seu perfil é composto por horizontes que seguem uma

sequência bem típica sendo A-Bi-C (horizonte A, horizonte B incipiente e horizonte C).

No conjunto de solos hidromórficos, figuram os Gleissolos Eutrófico – GE1 e Gleissolo Distróficos – GD2.

Os Gleissolos, segundo Manual Técnico de Pedologia do IBGE (BRASIL, 2007) são solos presentes em todas as regiões brasileira, muito típicos de áreas sujeitas a alagações e também beira de rios e lagos, entre outros. Na área estudo, os gleissolos estão todos próximos ao rio Madeira em ambas as margens.

O Gleissolo Distrófico – GD2 – ocupa uma área de aproximadamente 22 mil hectares de área, desde as proximidades da mancha urbana de Porto Velho até o arco estrutural do rio Madeira próximo ao distrito de São Carlos a nordeste.

O Gleissolo Eutrófico – GE1 – ocupa uma área de aproximadamente 10 mil hectares, principalmente na região do arco estrutural do rio Madeira, local onde sofre alagação durante o período de cheia do rio, e no período de vazante o local dá lugar algumas ilhas e planícies aluviais.

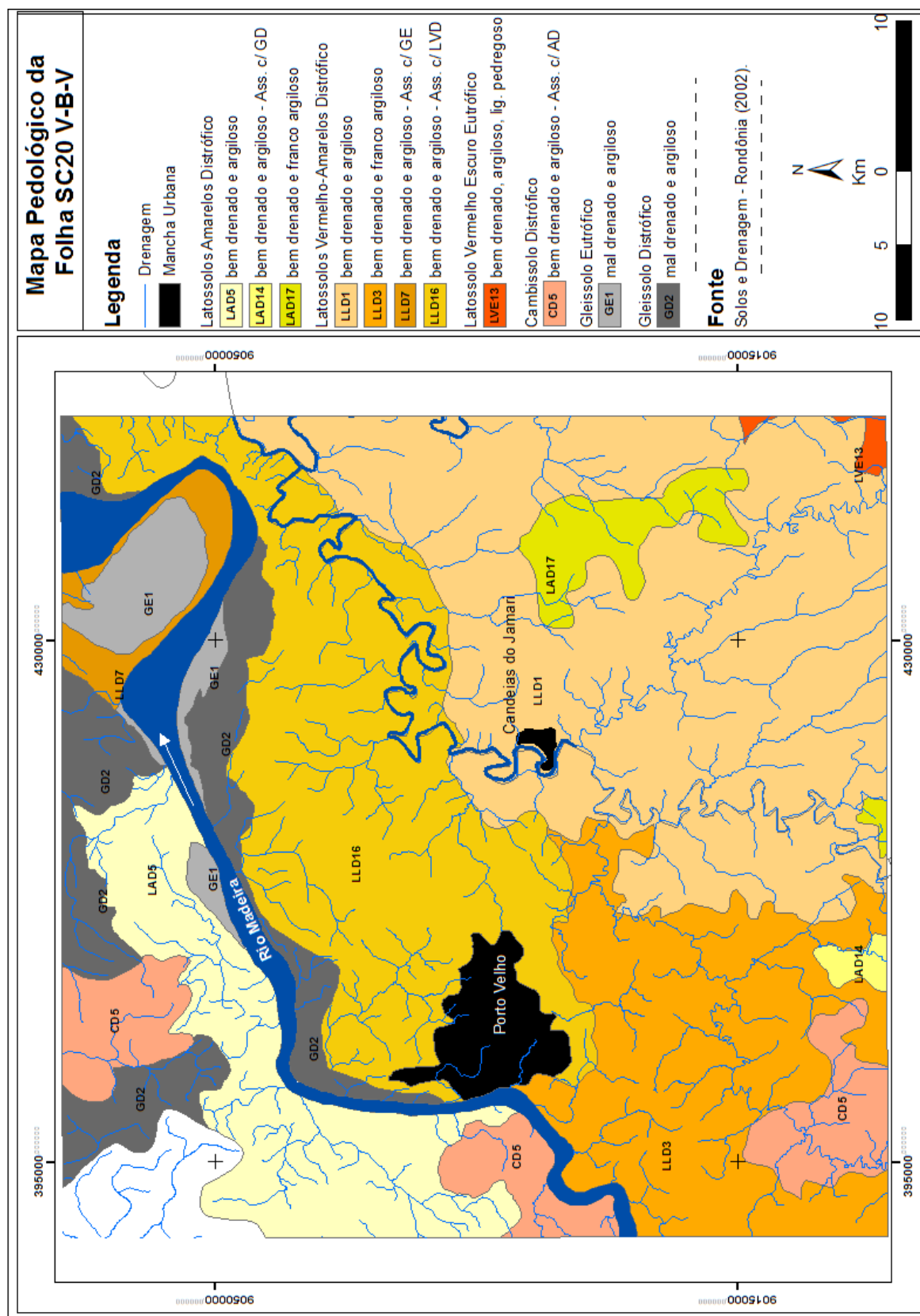


Figura 12: Mapa de Pedologia da Folha Porto Velho.

## 2.7 - VEGETAÇÃO E USO DA TERRA

De acordo com o Manual Técnico de Vegetação do IBGE (BRASIL, 2012) e Rondônia (2002), a área de estudo apresenta as seguintes tipologias de vegetação (fig. 13):

✓ Aa – Floresta Ombrófila Aberta Aluvial:

Essa formação está presente em áreas de terraços e planícies de inundação ao longo dos cursos dos rios, com semelhança florística a Floresta Ombrófila Densa. Uma característica bastante peculiar dessa formação são as palmeiras de grande porte.

✓ Ab - Floresta Ombrófila Aberta de Terras Baixas:

Esse tipo de vegetação forma-se em altitudes de 5 a 100 metros, composta predominantemente por palmeiras. São formadas naturalmente em associações com outras espécies ou resultantes de processos antrópicos. Em áreas resultantes de degradação e/ou desmatamento, essa vegetação surge como vegetação secundária.

✓ As - Floresta Ombrófila Aberta Submontana:

São formações localizadas em altitudes acima de 100 metros, compostas de Bambus, Sorocabas, Cipós e Palmeiras. Estão presentes em toda Amazônia e bem distribuídas nos pontos de maior altitude da área de estudo.

✓ Cp – Savana Parque (Campo Cerrado):

Essa formação apresenta fisionomia isolada de nanofanerofíticas, ou seja, vegetação fanerofítica de pequeno porte (no qual as gemas de renovo que são os brotos que saem na ponta dos galhos, estão a uma altura compreendida entre 25 centímetros a 2 metros do solo), sendo representada em campo por pequenas árvores e arbustos. Predominantemente apresentam fisionomia Hemicriptófito, ou seja, são espécies gramíneas nas quais suas gemas de renovo estão encostadas no solo. É um subgrupo de savana e sua formação pode ser resultante tanto por fatores naturais como também antrópicos.



✓ Da - Floresta Ombrófila Densa Aluvial:

É uma floresta formada ao longo dos cursos dos rios, com espécies que variam de micro a macro porte de altura. Seu dossel apresenta-se de forma uniforme reproduzindo o cenário denso da vegetação em questão.

✓ P – Formação Pioneira Fluvial:

São espécies de primeira ocupação que se formam em áreas de planícies de inundação, em solos formados por sedimentos recentes depositados pelos rios. Durante o tempo seco, no qual o nível dos rios está baixo, essas vegetações se formam rapidamente. No período chuvoso, no qual o nível dos rios fica mais elevado e cobre às planícies, a maior parte dessas espécies ficam submersas.

✓ Pb – Formação Pioneira Fluvial Arbustiva:

Essa formação é um subgrupo da Formação Pioneira, e sua principal característica que a diferencia é o porte de suas espécies, no qual se apresenta na forma de árvores de pequeno porte ou que ainda estão se desenvolvendo, e também seu caule que é lenhoso.

✓ Ph – Formação Pioneira Fluvial Herbácea:

Também é um subgrupo da Formação Pioneira, possui fisionomia nanofanerofítica composta principalmente por gramíneas. Sua característica principal que a diferencia e a classifica das demais é seu caule não lenhoso.

✓ SO – Contato de Savana com Floresta Ombrófila:

Essa formação ocorre ao norte da área de estudo a qual forma, a partir do contato entre a Savana e a Floresta Ombrófila, uma área de Tensão Ecológica, ou Sistema de Transição, onde dois tipos de vegetação se interpenetram.

Segundo o Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (BRASIL, 1999), na área de estudo apresenta-se uma associação de classes de uso sendo elas a Agropecuária, Extrativismo, Áreas Urbanas e Áreas Especiais.

A maior parte da vegetação passou por transformações antrópicas restando algumas áreas de florestas do tipo Ombrófila. Conforme Rondônia (2002), boa parte da área foi desmatada para criação extensiva de gado (fazendas), agricultura de subsistência (arroz-serqueiro, feijão e milho) localizada ao longo da rodovia BR-364 e também áreas de corte seletivo de madeira.

Ao norte da área de estudo encontra-se parte de duas áreas de unidades de conservação, sendo elas respectivamente a Floresta Estadual de Rendimento Sustentável Rio Madeira – B e a Estação Ecológica Federal do Cuniã, cobertas com vegetações do tipo Floresta Ombrófila Aberta de Terras Baixas (Ab), Floresta Ombrófila Aberta Submontana (As), Floresta Ombrófila Densa Aluvial (Da), e Áreas de Contato entre Savana e Floresta Ombrófila (SO) entre outras.

No perímetro urbano de Porto Velho, o Parque Municipal Olavo Pires apresenta remanescentes de Floresta Ombrófila Aberta de Terras Baixas (fig. 13).

Na parte sul da área de estudo, entre as calhas do Rio Candeias e do Rio Preto encontra-se a vegetação do tipo Floresta Ombrófila Aberta Submontana (As) com a maior representatividade.

Ainda na parte sul-sudoeste, entre as calhas dos Rios das Garças e Candeias encontram-se as vegetações do tipo Floresta Ombrófila Aberta de Terras Baixas (Ab) e Floresta Ombrófila Aberta Submontana (As).

Na parte central da área de estudo predominam as áreas de alteração antrópica, com aproximadamente 800 km<sup>2</sup> que, como já mencionado anteriormente, é resultado de desflorestamento para extração comercial de madeira, criação de gado e agricultura.

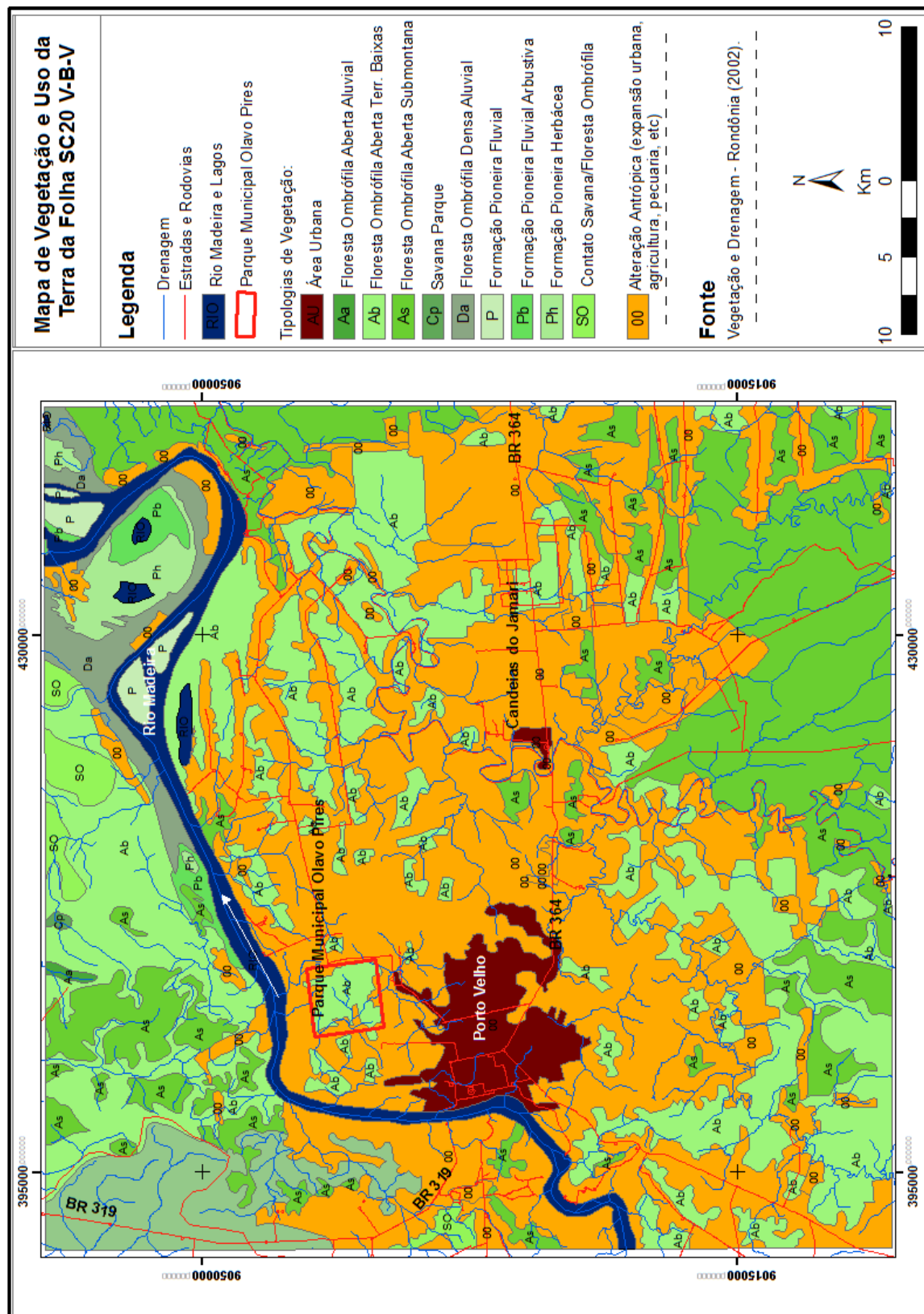


Figura 13: Mapa de Vegetação e Uso da Terra na Folha Porto Velho.

### 3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 - ANÁLISE MORFOESTRUTURAL

O termo morfoestrutura surgiu na década de 1940 através de geomorfólogos Russos e da Europa oriental, os quais passaram a designar como morfoestrutura os compartimentos de relevo definidos com base na interação entre distintos litotipos e modos tectônicos vigentes, nos quais esses compartimentos apresentam formas compreendendo desde grandezas regionais até micro-morfoestruturas (GERASIMOV 1946, GERASIMOV & MESCERJAKOV 1968, DEMEK 1972 *apud* CORRÊA 2010 *et al*).

Os estudos de análise morfoestrutural foram inicialmente estabelecidos por Guy (1966) e Gerasimov e Mescherikov (1968), os quais eram voltados para interpretar a geologia por meio de fotografias aéreas e imagens de satélites, sendo posteriormente adaptadas as condições brasileiras por Riverau (1972), Soares e Fiori (1976) e Soares *et. a.* (1982).

O termo Morfoestrutura, conforme Gerasimov & Mescherikov (1968), são feições da superfície da terra, como sendo cadeias de montanhas, bacias sedimentares, planaltos e depressões. Lima (1995), concordante com o exposto por Gerasimov & Mescherikov, acrescenta que as morfoestruturas são representadas por feições anticlinais, sinclinais, domos, bacias, falhas, fraturas, entre outros.

Para Press e Siever (2006) as morfoestrutura consistem nas feições geomorfológicas correlacionadas exclusivamente às estruturas geológicas formadas durante processos de soerguimento e dobramento, formando dobras anticlinais e sinclinais originando respectivamente estruturas mais elevadas (montanhas, morros, chapadas, etc.) e vales.

Para realizar a interpretação dessas estruturas, uma ferramenta muito importante utilizada, é a análise da rede de drenagem que ficou muito conhecida a partir dos estudos de Howard (1967, p. 2246; 2247; 2256) o qual aponta sua importância nos estudos referentes as estruturas geológicas visando que os padrões de drenagem, dentrítico, paralelo, anelar, radial e retangular, por exemplo, indicam forte controle estrutural. O autor ainda comprova que as anomalias nos cursos e/ou

fluxos de drenagens são resultantes de desvio destes ocasionado por controle estrutural.

Conforme Jiménez-Rueda (1993) e Lima (1995), a interpretação e a análise da morfoestrutura baseiam-se na extração e análise nos padrões de drenagem, no relevo e suas relações.

Mattos (1986), afirma que pela análise da drenagem, estas estruturas podem ser encontradas e demarcadas mesmo onde o relevo é arrasado e de difícil percepção e com intensa cobertura vegetal.

A relação que há entre a drenagem e o relevo é o fato de que a rede de drenagem reproduz em superfície os aspectos do relevo já arrasados e por isto é tida como o elemento importante para a localização de morfoestruturas de subsuperfície, pela configuração das formas de drenagem Zernitz (1932), Howard (1967) e Mattos (1986).

O principio no qual a análise morfoestrutural se baseia, é que o relevo e a drenagem desenvolvem padrões específicos em função de fatores estruturais e litológicos, e a partir desse viés que se tem toda a base da metodologia. Os parâmetros utilizados são elementos lineares e formas assimétricas de drenagem e relevo, formas anômalas de drenagem representadas por padrões de drenagem radial e/ou anelar, e descontinuidades de feições semelhantes (SOARES et al., 1982).

A análise morfoestrutural tem sido utilizada para variados fins, como prospecção de águas subterrâneas (MADRUCCI *et. al.*, 2003), análises ambientais (JIMÉNES-RUEDA *et. al.*, 1989), planejamento territorial (JIMÉNES-RUEDA *et. al.*, 1993), definição de traçado de obras lineares (OHARA *et. al.* 2003), planejamento em unidades de conservação (DELLA JUSTINA 2009) entre outros.

Ross (2007) ressalta que as morfoestruturas são de diferentes origens e idades, não podendo ser consideradas como um substrato passivo, mas sim um elemento ativo no processo de desenvolvimento do relevo.

Ohara (1995) aponta que as características morfoestruturais de uma região, associadas com outros dados temáticos do meio físico, podem fornecer suporte para

pesquisas voltadas a implantação de obras de engenharia, recursos hídricos, proteção ambiental, viabilidade para, agricultura, entre outras.

### 3.2 – TIPOLOGIAS DE MORFOESTRUTURAS

As morfoestruturas, do ponto de vista deformacional, classificam-se em dúcteis e rúpteis.

#### 3.2.1 - MORFOESTRUTURA DÚCTEIS

A morfoestrutura dúctil é a feição na qual a propriedade física de seus materiais é capaz de suportar deformação plástica, em uma tensão de cisalhamento, extensão ou compressão, sem se romper ou fraturar (PRESS e SIEVER, 2006).

As deformações plásticas, ou dúcteis, nos materiais resultantes das forças geradas a partir das atividades tectônicas dão origem às formas de baixos estruturais representados pelo formato sinclinal que são dobras côncavas, e altos estruturais representados pelo formato anticlinal que são dobras convexas (fig 14).

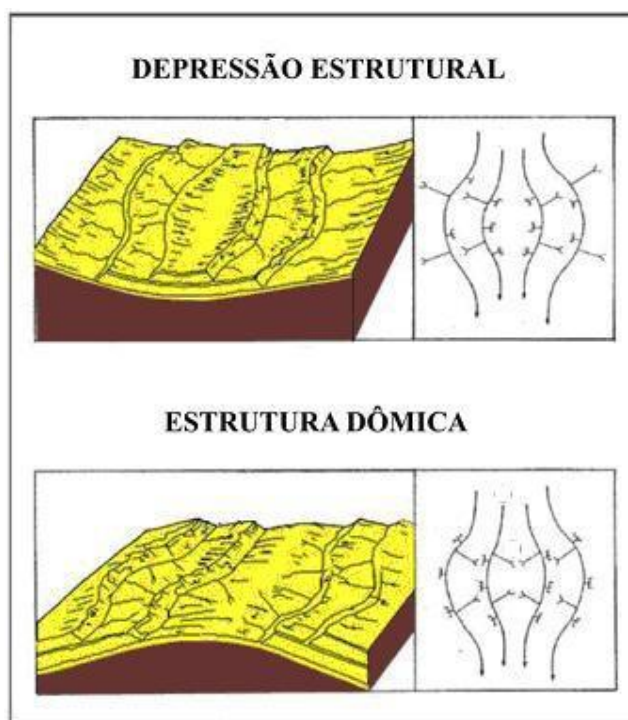


Figura 14: Deformações Dúcteis. Press & Siever (2006).

Soares (1981) define uma morfoestrutura dúctil como sendo uma estrutura identificada a partir das análises e interpretações das formas de relevo e drenagem, caracterizando-se como altos e baixos estruturais.

Os padrões de drenagem anelar ou radiais, observados em produtos de sensoriamento remoto, revelam as morfoestruturas dúcteis e de acordo com a direção do caimento da rede de drenagem, identifica-se onde estão os baixos e altos estruturais.

De acordo com os autores Jiménez-Rueda e Mattos (1992), as direções da rede de drenagem servem como linha de contorno na reconstrução da morfoestrutura, as quais, dependendo de suas direções (convergentes ou divergentes), revelam os altos e baixos estruturais. Tal concepção também é verificada em Miranda (1984).



**FIGURA 15:** Modelo esquemático de Baixos estruturais e Altos estruturais identificados a partir da rede de drenagem, conforme Della Justina (2009), modificado de Miranda (1994) e Ibanez (2006).

O mapa de morfoestrutura deve ser combinado com as cotas de altitudes para identificar altos e baixos topográficos sobre as morfoestruturas, conforme idealizado por Jiménez-Rueda et al (1991) e também demonstrado por Della-Justina (2009), onde assim constituem a base para análise morfométrica.

Os mapas da análise morfométrica (altos e baixos topográficos) sobrepostos aos mapas da análise morfoestrutural (altos e baixos estruturais), conforme idealizada e difundida por JIMÉNEZ-RUEDA E MATTOS (1992) são ferramentas ideais para compartimentar o relevo e classificar as áreas de predominância de pedogênese ou morfogênese.

A compartimentação morfoestrutural dúctil de uma região em zonas de altos e baixos estruturais e altos e baixos topográficos, possibilita identificar as áreas de suscetibilidade natural a processos erosivos.

Conforme Della-Justina (2009) a partir do mapeamento morfoestrutural pode-se criar uma sistemática de tomada de decisão referente ao uso do meio físico, quando se visa o planejamento ambiental de extensão regional e em bacias hidrográficas, pois promove a compreensão do comportamento hidrológico da região e possibilita a delimitação de áreas de recarga e de armazenamento de água, demonstrando assim ser uma importante ferramenta para o planejamento regional em áreas com escassez de dados do meio físico, como por exemplo, na Amazônia.





Relativo às adequabilidades de uso das áreas de baixos estruturais e de altos estruturais associadas a sua localização topográfica (baixo ou alto topográfico) Jimenez-Rueda, Nunes e Mattos (1993) desenvolveram um quadro apontando as potencialidades e limitações de cada compartimento do relevo. Shimbo (2006) ampliou o quadro de potencialidades e limitações estendendo as recomendações para usos variados desde obras de engenharia, como por exemplo a construção de estradas que é um tipo de obra linear e foco desse trabalho, até agricultura, aterros sanitários, etc (fig. 16).



	Alto Topográfico Alto Estrutural	Baixo Topográfico Alto Estrutural	Baixo Topográfico Baixo Estrutural	Alto Topográfico Baixo Estrutural
<b>Agricultura</b>				
Fertilidade	Atual e potencial muito baixa	Atual e potencial baixa/média	Atual e potencial muito alta	Atual e potencial média/alta
Erosão	Quase nula	Moderada a forte	Muito forte	Muito forte a moderada
Potencialidades gerais	Rotação de culturas anuais e culturas semiperenes	Culturas semiperenes e anuais	Reflorestamentos, horticultura e áreas de proteção ambiental	Culturas semiperenes e reflorestamentos
Mecanização	Intensa	Moderada a restrita	Restrita	Moderada a restrita
Uso de adubos	Restrito	Restrito a inadequado	Inadequado a restrito	Adequado
<b>Obras Cíveis e Sanitárias</b>				
Estradas	Adequado	Adequado a moderado	Inadequado	Moderado a inadequado
Edificações	Adequado	Moderado	Inadequado	Moderado a inadequado
Aterros	Restrito	Restrito a inadequado	Muito restrito a restrito	Adequado
Efluentes líquidos e sólidos	Restrito	Restrito a inadequado	Inadequado a restrito	Adequado

**FIGURA 16:** Potencialidades e limitações das Morfoestruturas Dúcteis, conforme de Jiménez-Rueda et al. (1993) modificado por Shimbo (2006).

Em Della Justina (2009) encontramos estas informações sistematizadas em uma legenda para o mapa de zonas morfoestruturais conforme figura abaixo:

 <p><b>Alto Estrutural Alto Topográfico A/A</b></p>	<p>Área de intensa circulação de água; Zonas de recarga de águas subterrâneas; Pedogênese maior que morfogênese; forte intemperismo; argilominerais de caulinita e gibsita; intensa oxidação; processos de alitização, latossolização, laterização (em paleoambientes tropicais). Sob ponto de vista da forma a erodibilidade é baixa em condições de equilíbrio dinâmico. Alterabilidade elevada com movimentos de massa acentuado.</p> <p>A presença de fraturamentos potencializam o desenvolvimento de processos de erosão linear (sulcos, ravinas e voçorocas) nas encostas. Inadequados para aterros sanitários domiciliares, industriais e todo tipo de efluente. Na agricultura deve-se ter cuidado com o uso de agrotóxicos, no sentido de evitar a contaminação de aquífero.</p>	 <p><b>Baixo Estrutural/ Baixo Topográfico B/B</b></p>	<p>Área de circulação de água superficial alta e direcionada; São zonas de confinamento de água subterrânea pela conformação em bacia se apresentam como sistemas fechados, endorreicos e com circulação de água baixa e direcionada. Pedogênese menor que morfogênese; fraca lixiviação; argilominerais de esmectita; ambiente redutor; processos de argilização, melanização e gleização com concentração de Na, Ca, CO<sub>3</sub>, Si e Mg.</p> <p>Inadequados para obras enterradas, como as dutovias em função da corrosividade, por se tratar de um sistema fechado, pouco percolativo. Muito restrito a restrito para aterros em geral. Quando associados a trends de fraturas e/ou fraturamentos se tornam altamente percolativos e suscetíveis à erosão, principalmente na direção destes fraturamentos, requerendo maiores cuidados em seu manejo e ocupação, se tornando restritivos para aterros em geral.</p>
 <p><b>Alto Estrutural/ Baixo Topográfico A/B</b></p>	<p>Área de circulação de água subterrânea média a alta; Pedogênese maior que morfogênese; forte intemperismo; argilominerais gibsita e esmectita monossilática; oxidação; processos de alitização, latossolização, laterização, argilização e melanização. Forma de encosta resistente, Alterabilidade baixa.</p> <p>Apresentam moderada suscetibilidade a erosão, exigindo infra estrutura apropriada para construção de estradas e mecanização na agricultura. Na agricultura deve-se ter cuidado com o uso de agrotóxicos, no sentido de evitar a contaminação de aquífero. Adequados para estradas e dutovias e inadequadas para aterros em geral</p>	 <p><b>Baixo Estrutural/ Alto Topográfico B/A</b></p>	<p>Área de circulação de água superficial baixa e direcionada; Pedogênese maior que morfogênese; intemperismo moderado/forte; argilominerais esmectita e caulinita; moderada redução; processos de latossolização e argilização.</p> <p>A conformação de bacia propicia a retenção do movimento de percolação de fluidos diminuindo o potencial poluidor de líquidos em geral.</p> <p>São áreas indicadas para aterros sanitários. Para atividades agrícolas, não são recomendáveis o uso de curvas de nível, pois podem promover formação de sulcos erosivos.</p>

**FIGURA 17:** Recomendações de uso em áreas de Morfoestruturas Dúcteis conforme suas especificidades e capacidade de suporte. Della Justina (2009).

### 3.2.2 - MORFOESTRUTURA RÚPTEIS

A morfoestrutura rúptil é a feição geomorfológica, onde a propriedade física de seus materiais não é capaz de suportar deformação plástica em uma tensão de cisalhamento, vindo a romper ou fraturar (PRESS e SIEVER, 2006).

O'Leary (1976), aponta que as morfoestruturas rúpteis são compostas por fraturamentos os quais possuem feições lineares mapeáveis, contínua ou descontínua, retilíneo ou suavemente curvo, que conforme sua extensão, são classificadas como falhas ou juntas.

Em Campos (1972) encontra-se que a falha é uma ruptura onde ocorreu movimento entre paredes opostas, podendo ser do tipo normal, inversa ou transcorrente. Cada tipo de falha corresponde respectivamente a cada tipo de força atuante classificada por Press e Siever (2006).

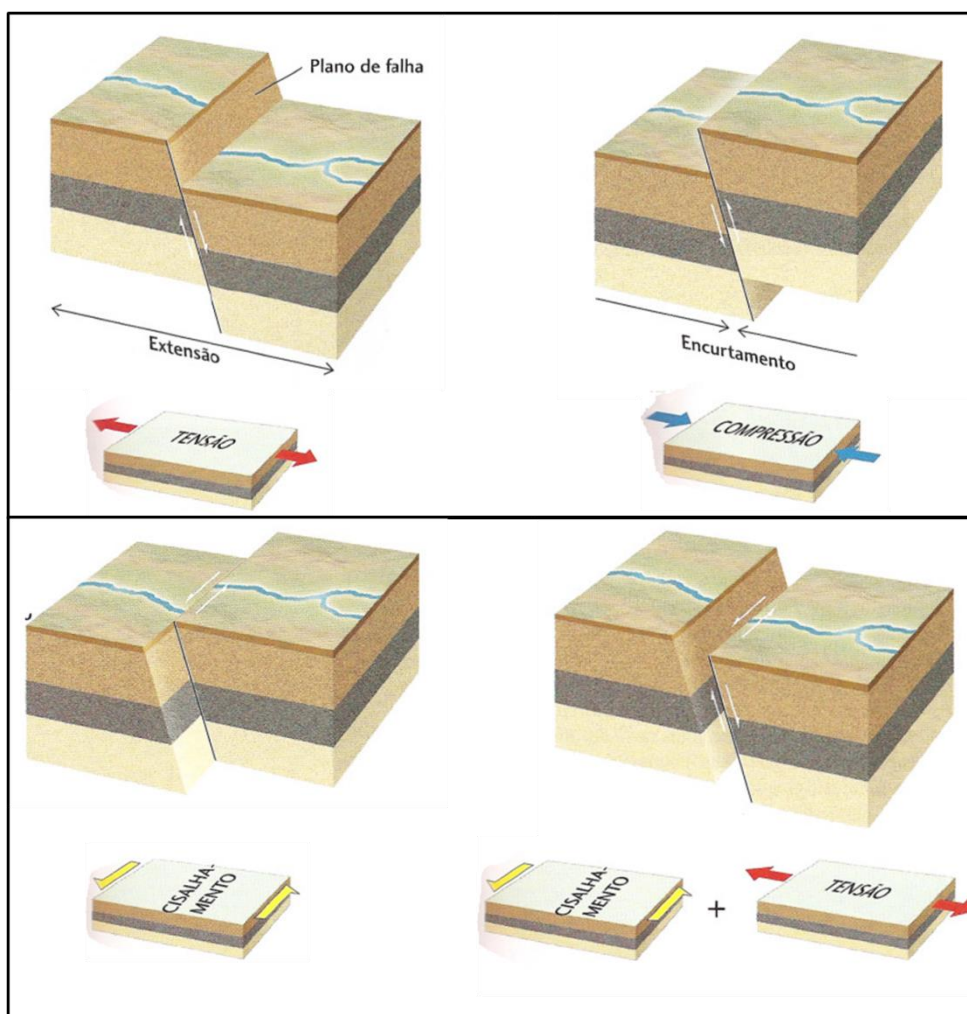
Loczy e Ladeira (1976) definem falhas como sendo uma descontinuidade nas rochas, provocada por esforço tectônico ou gravitacional, onde os blocos são separados e movimentam entre si.

Na análise da morfoestrutura rúptil também se aplica o uso da análise da rede de drenagem, observando as retilinidades dos canais e assimetria do relevo.

As evidências mais comuns apontadas pela rede de drenagem que revelam as deformações rúpteis são retilinidade dos canais bem como as mudanças bruscas na direção dos cursos dos canais.

Os comportamentos direcionais dos canais fluviais são decorrentes do controle estrutural presente na área, sendo esse representado por fraturamentos nas estruturas rochosas, nos quais se encaixam os canais da rede de drenagem.

Esses fraturamentos são resultado de forças atuantes que segundo Press e Siever (2006) podem ser classificadas como forças Compressivas (que dão origem as falhas inversas ou também conhecidas como reversas), Extensivas (que dão origem as falhas normais) e Cisalhamento (que dão origem as falhas transcorrentes).



**FIGURA 18:** Gênese e tipologia de falhas.

As juntas também se apresentam como discontinuidades das rochas causadas por esforço tectônico ou gravitacional, porém não há movimentos entre os blocos e seu comprimento pode ser pequeno ou alcançar até 1 km de extensão (LOCZY E LADEIRA, 1976; FRANZONI, 2000).

Além de ser resultado de esforço tectônico, as juntas são também resultados de outro processo chamado de expansão e contração não-tectônica das rochas, no qual uma rocha ao passar por resfriamento (rochas plutônicas ou vulcânica/lavas) sofre contração e fratura-se, formando diversos planos de juntas, podendo também

ser resultantes de plano de acamamento em rochas sedimentares (Press e Siever, 2006).

### **3.3 – A SISTEMÁTICA OPERACIONAL DA ANÁLISE MORFOESTRUTURAL**

A análise morfoestrutural segundo Pupim et al (2010), reúne uma sistemática operacional que se resume em três etapas: extração da rede de drenagem, análise da rede de drenagem e interpretação morfoestrutural, utilizando variadas técnicas, entre elas a fotointerpretação e o sensoriamento remoto.

Sensoriamento Remoto é a prática de ter acesso a determinada área sem que haja contato físico, possibilitando o estudo de áreas a partir de imagens de sensores orbitais ou fotográficos (NOVO, 1995; ROSA, 2003).

Com o avanço das pesquisas em sensoriamento remoto na década de 80, foram criados projetos desenvolvidos pelo INPE/IPT em 1982 e INPE/PAULIPETRO em 1982, utilizando essa sistematização para identificar anomalias morfoestruturais para prospecção de hidrocarbonetos na bacia do Paraná.

Veneziani e Anjos (1982) criaram uma sistemática de análise a partir das imagens orbitais ou aerofotogramétricas para identificar feições lineares da rede de drenagem, que são feições indicativas de fraturas.

O sensoriamento remoto associado aos avanços tecnológicos dos sistemas de informação geográfica possibilita a criação de arquivos digitais de rede de drenagem, modelos tridimensionais, polígonos, mensuração de áreas, entre outras ações.

Brasil (2009), mostra que o aprimoramento dos SIG's oportuniza a criação e desenvolvimento de representação da superfície tanto a partir de dados vetoriais e não-vetoriais como também dados analógicos. Para Peccol (1994), em um SIG, dados da paisagem podem ser analisados em conjunto com outros dados (ex.: drenagem, modelos digitais de elevação, geologia, etc.) para se modelar cenários e avaliar a efetividade de políticas de planejamento, em termos de mudanças na paisagem.

As possibilidades são inúmeras perante capacidade de produção de dados vetoriais secundários, a partir de imagens orbitais ópticas e de radar.

### **3.4 – TRAÇADOS DE RODOVIAS**

Segundo o Código de Transito Brasileiro – CTB (1997) são consideradas rodovias as vias predominantemente rurais, nas quais sua destinação é para circulação de veículos. Vale ressaltar que há uma diferença entre rodovia e estrada, sendo que a primeira trata-se de uma via asfaltada e a segunda não.

A construção de uma rodovia passa por algumas etapas, entre elas a etapa de planejamento e a etapa de construção propriamente dita. A etapa de planejamento é o momento no qual se devem avaliar quais as possibilidades mais viáveis para se definir os traçados de uma rodovia.

Para Lee (2002), o traçado de uma rodovia é uma linha que a representa espacialmente em um projeto e a escolha desse traçado ocorre no momento da fase preliminar da execução do projeto, ou planejamento, da construção de uma rodovia. Essa escolha é feita a partir de estudos do meio físico, na qual as características referentes as potencialidades e limitações do meio físico é que serão determinantes na escolha do traçado.

Segundo normativa do Departamento Nacional de Estradas e Rodagem – DNER (1996; 2002), atual DNIT, o estudo de traçado deve levar em consideração os elementos característicos do meio físico como sendo hidrografia, falhamentos e dobras geológicas, entre outros. Essa medida minimiza os custos da obra adequando a construção ao meio ambiente, direcionando os custos mais elevados para áreas mais críticas onde há impossibilidades de serem evitadas.

Caetano (2006) evidencia que os estudos do meio físico são indispensáveis no planejamento de rodovias, como também o uso de técnicas e sistemas de informações geográficas que, além de oferecer eficiência ainda torna os custos do projeto de construção mais econômicos.

Shimbo (2006) em estudos de análise morfoestrutural, apresenta orientações de uso da compartimentação morfoestrutural conforme as potencialidades e limitações do meio físico, apontando as regiões de Alto Estrutural e Alto Topográfico como sendo as mais indicadas a construção de rodovias.

Della Justina (2009) seguindo essa avaliação na análise morfoestrutural para fins de planejamento aponta que áreas com alta densidade de fraturamentos, bem como áreas com variações de traços de junta são bastante frágeis e suscetíveis a erosão e, portanto passam a ser economicamente pouco viável para a construção de uma rodovia.

## 4 – METODOLOGIA

Este estudo utiliza a metodologia que fora adaptada e implementada por Jimenez-Rueda e Mattos (1989; 1992) associada a proposta e implementada por Della-Justina (2009) como forma de estrutura e análise.

### 4.1 Materiais e Método

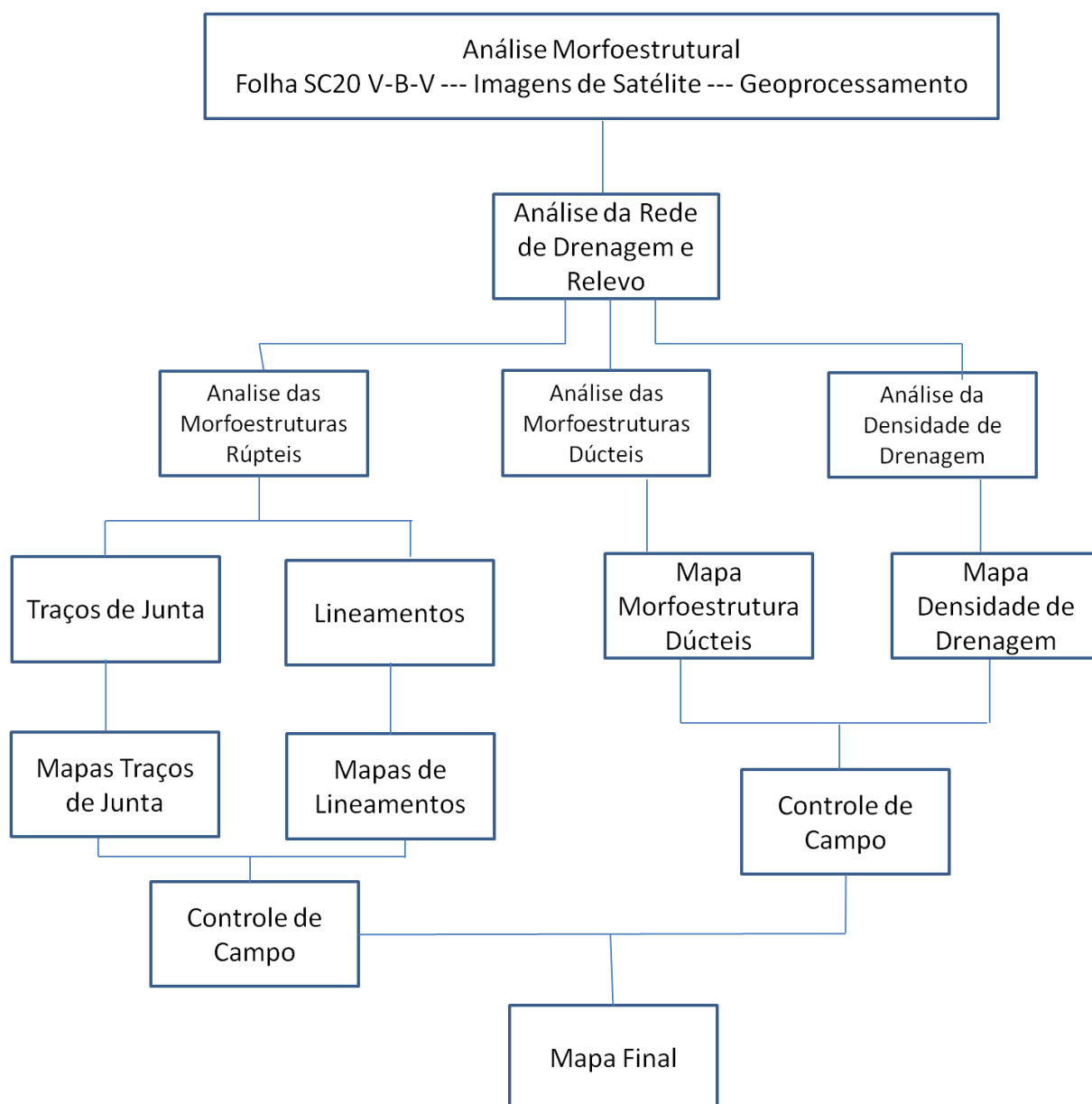
Neste estudo foram utilizados os seguintes materiais:

- Software ArcGis 9.3
- Software Global Mapper
- Imagens de elevação digital DEM/SRTM S09 W064 (NASA, 2000)
- Imagens LandSat de 06/08/2011
- Imagens Google Earth
- Arquivos shape da rede de drenagem disponibilizados pelo IBGE na escala 1:100.000 da Folha Porto Velho

Empregou-se o seguinte método:

O método de análise de imagens, como já dito anteriormente, foi proposto por Guy (1966), sendo posteriormente adaptado por Riverau (1972), Soares e Fiori (1976) e Jiménez-Rueda E Mattos (1989), tendo nesse trabalho as seguintes etapas (fig. 19):

- Análise da rede drenagem, conforme Lima (1995).
- Interpretação das deformações dúcteis e rúpteis Jiménez-Rueda e Mattos (1989).
- Trabalho de campo.
- Produção dos mapas finais.



**FIGURA 19:** Fluxograma da Análise Morfoestrutural.



## **4.2 – ANÁLISE DA REDE DE DRENAGEM**

Nesta etapa objetivou-se adensar a rede de drenagem da folha Porto Velho em uma escala de 1:50.000, a partir dos dados de drenagem do IBGE em escala de 1:100.000, e interpretar a imagem de elevação digital DEM/SRTM (2000), a LandSat de 06/08/2011 e a imagem Google Earth.

Nessa fase foram realizados os seguintes trabalhos:

- ✓ Adensamento da Rede de Drenagem
- ✓ Mapa de Densidade de Drenagem com uso do softwares ArcGis a partir da ferramenta Density Line
- ✓ Identificação de Padrões e Forma de Drenagem

### **4.2.1 - ADENSAMENTO DA REDE DE DRENAGEM**

Para o adensamento da rede de drenagem, foi realizado fotointerpretação utilizando imagens ópticas e de radar (LandSat, Google Earth e SRTM), juntamente com a rede de drenagem do IBGE na escala de 1:100.000, sendo que este ultimo serviu como base pra construção de toda rede de drenagem fotointerpretada.

As linhas de drenagem foram traçadas por meio da ferramenta “Digitizer Tool” (Ferramenta de Digitalização) interface do software Global Mapper e em seguida exportado no formato shapefile. A escala de trabalho foi de 1:50.000.

Também foi utilizada a função “Generate Watershed”, interface do software Global Mapper, selecionando valores de profundidade de talvegues e de entalhamento de canais, com objetivo de obter o máximo de resultados possíveis a partir de imagem de elevação digital – SRTM. Porém como este recurso leva em consideração as linhas de desmatamento e as estradas, interpretando-as como sendo canais da rede de drenagem, muitos canais de drenagem não-reais era classificados como sendo verdadeiro. Para tanto o produto gerado a partir desse processo serviu apenas como apoio durante a fotointerpretação, sendo considerado inadequado.

Esse adensamento é um produto de grande relevância na determinação da densidade da drenagem e na extração dos traços de juntas a partir dos canais retilíneos de primeira ordem.

#### **4.2.2 - MAPA DE DENSIDADE DE DRENAGEM**

O mapa de densidade de drenagem foi gerado a partir de análise estatística dos canais da rede de drenagem, na escala de 1:50.000, pelo estimador de densidade (density line). Esta ferramenta é parte integrante de uma interface que encontra-se na extensão Spatial Analyst do software ArcGis 9.3. O estimador foi configurado para que fossem indicados o número de cursos de drenagem existentes por km<sup>2</sup>.

O objetivo da elaboração desse mapa foi identificar na área de estudo, os pontos de maior concentração de drenagem a fim de auxiliar na decisão para definir os traçados de rodovias.

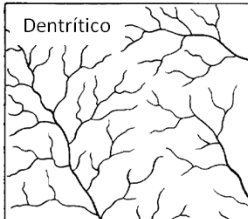
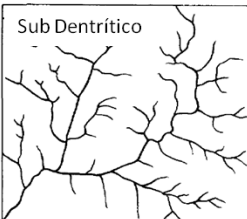
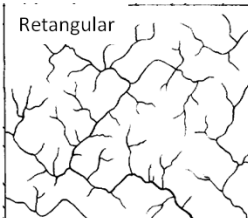
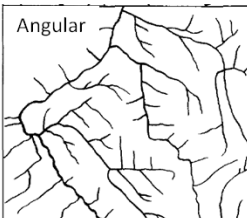
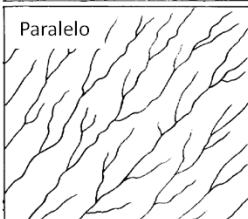
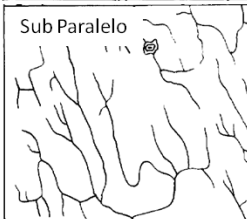
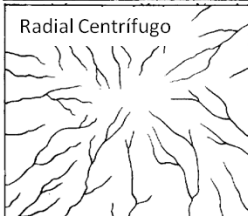
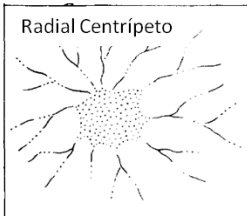
Foram estabelecidas três classes para os diferentes valores de densidade e respectivas cores representando cada classe, sendo as de menor densidade na cor verde, densidade moderada na cor amarelo e a de maior densidade na cor vermelha.

É importante sublinhar que, da mesma forma que outros autores como Florenzano (2008 p.113; 119) ao fazer considerações sobre metodologia para estudos geomorfológicos adotou dois grupos de classes diferentes para delimitar zonas com valores de densidade de drenagem, sendo eles formados por três e cinco zonas respectivamente. Della Justina (2009 p.213) ao trabalhar com zoneamento geoambiental também estabeleceu o quantitativo de zonas de densidade de fraturas conforme a necessidade do trabalho. Para esta pesquisa buscou estabelecer três zonas de densidade para todos os produtos aqui apresentados (drenagem, lineamentos e traços de junta), classificadas em Baixa, Média e Alta densidade, em células de análise de 1 Km<sup>2</sup> cada, de modo a atender de forma prática os objetivos desse trabalho.

### 4.2.3 - IDENTIFICAÇÃO DOS PADRÕES E FORMAS DE DRENAGEM

Para identificar os padrões de formas da drenagem na área de estudo, seguiu-se o modelo de classificação de padrões de drenagem descrita por Howard (1967) onde o mesmo utilizou esse método para interpretações de formações geológicas.

Dos padrões propostos pelo autor acima mencionado, foram selecionados os que têm ocorrência na área de estudo dada as suas características retilíneas, angulares, circulares e arqueadas, ambas reflexos do estrato rochoso (fig. 20).

Padrões Básicos		Padrões Modificados
 <p>Dentrítico</p>	 <p>Sub Dentrítico</p>	<p><u>Dentrítico</u>: Associado a áreas de substrato com resistência uniforme. Rocha cristalina com declive regional suave.</p> <p><u>Sub Dentrítico</u>: Associado a áreas dômica, vulcânicas ou de relevos residuais.</p>
 <p>Retangular</p>	 <p>Angular</p>	<p><u>Retangular</u>: Associado a áreas de juntas e/ou falhas de ângulo reto.</p> <p><u>Angular</u>: Associado a áreas de juntas e/ou falhas com ângulos variados e superposição de padrões de fraturas.</p>
 <p>Paralelo</p>	 <p>Sub Paralelo</p>	<p><u>Paralelo</u>: Associado a áreas de declive moderado a forte com substrato resistente.</p> <p><u>Sub Paralelo</u>: Associado a áreas com brando controle estrutural dado pelo estrato deformado e resistência a erosão relativamente uniforme.</p>
 <p>Radial Centrífugo</p>	 <p>Radial Centrípeta</p>	<p><u>Radial Centrífuga</u>: Associado a áreas dômica, vulcânicas ou de relevos residuais.</p> <p><u>Radial Centrípeta</u>: Associado a crateras, caldeiras vulcânicas e depressões.</p>

**FIGURA 20:** Padrões de rede de drenagem. Adaptado de Howard (1967).

Dentro desses padrões de drenagem foram verificadas as anomalias existentes resultantes do controle estrutural na área de estudo, dentre as quais, as principais anomalias são migrações laterais dos canais por arqueamento, interrupções nas retilinidades por causa de mudanças abruptas de direção representada pelas angularidades dos canais, bem como por arqueamento que também causa interrupção na lineação dos canais. E ainda as divergências e convergências dos canais que refletem as estruturas por meio dos padrões radiais de drenagem. As anomalias aqui mencionadas são bastante comuns na rede de drenagem da região amazônica (IBANEZ, 2006; DELLA JUSTINA 2009).

#### **4.3 - INTERPRETAÇÃO DAS DEFORMAÇÕES DÚCTEIS E RÚPTEIS**

Nesta etapa que consiste na identificação dos altos e baixos estruturais e topográficos, bem como fraturas (traços de junta e lineamentos), realizaram-se os seguintes procedimentos:

- Extração das deformações rúpteis - Lineamentos
- Elaboração do mapa de densidade de Lineamentos
- Diagrama de Roseta – Frequência relativa dos Lineamentos
- Extração das deformações rúpteis - Traços de Juntas
- Elaboração do Mapa de Máximos de direção 1 e 2 dos Traços de Juntas
- Elaboração do mapa de densidade de Traços de Juntas
- Diagrama de Roseta – Frequência relativa dos Traços de Juntas
- Extração das deformações dúcteis e elaboração do mapa de altos e baixos estruturais

#### **4.3.1 - IDENTIFICAÇÃO E EXTRAÇÃO DAS DEFORMAÇÕES RÚPTEIS – LINEAMENTOS E MAPA DE DIREÇÕES**

Para a elaboração do mapa de lineamentos estruturais e direções, foi utilizada a imagem de elevação DEM/SRTM com sobreposição da rede de drenagem.

Conforme proposto por Della Justina (2009), foram extraídos os cursos retilíneos da drenagem e observadas as mudanças de direções na forma angular dos canais da drenagem. Também foram observadas as sequências alinhadas dessas formas características, formando uma espécie de lineamento seccionado, evidenciando dessa forma um controle estrutural naquela área.

Os lineamentos estruturais foram extraídos diretamente na tela do computador e digitalizados com o uso da ferramenta “Digitizer Tool” (Ferramenta de Digitalização) interface do software Global Mapper, com suas direções identificadas nos atributos do plano de informação e em seguida exportada no formato de arquivo shape para compor o banco de dados.

#### **4.3.2 - MAPA DE DENSIDADE DE LINEAMENTOS**

Para se produzir do mapa de densidade de Lineamentos foi utilizado o estimador de densidade “Density Line” do software ArcGis 9.3, o qual identifica e classifica as áreas com diferentes densidades de lineamentos por Km<sup>2</sup>.

Foram estabelecidas três classes com diferentes cores representando cada valor de densidade, sendo as de menor densidade na cor verde, a de densidade moderada na cor amarela e a de maior densidade na cor vermelha. A classificação das áreas de densidades de lineamentos está representada nos resultados desta pesquisa (fig. 31).

#### **4.3.3- DIAGRAMA DE ROSETA PARA FREQUÊNCIA DE LINEAMENTOS**

Os lineamentos e suas direções foram analisados no Diagrama de Roseta do software Spring a partir da ferramenta de Análise Exploratória.

O diagrama de Roseta serviu pra mostrar a frequência das direções dos Lineamentos extraídos da rede de drenagem e do relevo. A análise das direções principais emitidas pelo diagrama foi elemento importante para análise da tectônica da área.

#### **4.3.4 - IDENTIFICAÇÃO E EXTRAÇÃO DAS DEFORMAÇÕES RÚPTEIS – TRAÇOS DE JUNTAS E MAPA DE DIREÇÕES**

Na elaboração deste mapa, foi usado como base o mapa de drenagem adensada para a escala de 1:50.000.

Para obter o mapa de traços de junta foram identificados e traçados os canais retilíneos de 1ª e 2ª ordem com extensão aproximada de até 1000 metros em meio analógico com uso de overlays.

Os traços de juntas extraídos foram digitalizados com o uso do “Digitizer Tool” (Ferramenta de Digitalização) do software Global Mapper e classificados segundo suas direções, e em seguida exportados no formato de arquivo shape para compor o banco de dados e gerar o mapa de Traços de Junta.

#### **4.3.5 - MAPA DE MÁXIMOS DE DIREÇÃO 1 E 2 DOS TRAÇOS DE JUNTAS**

A partir do mapa de traços de junta, foi realizada a extração das duas direções de maior frequência onde se elaborou em separado o mapa de direção de

máximo 1, com a primeira maior direção, e em seguida o de máximo 2, com a segunda maior direção.

A contagem e classificação das duas direções foram realizadas de forma analógica com uso de um quadrante de 5 km<sup>2</sup> sobre o mapa da rede de drenagem na escala de 1:50.000. Posteriormente os traços de junta, dentro de seus respectivos grupos de máximo 1 e 2, foram exportados em formato de arquivo shape e agrupados ao banco de dados.

Em seguida foram gerados dois mapas, o de mudança de direção de máximo 1 e o de mudança de direção de máximo 2, onde foram definidas as áreas com mudanças de direções máximos de seus eixos de variação.

Os mapas com variações de máximos 1 e 2 foram sobrepostos para identificar áreas de sobreposição das variações de máximos. As áreas de sobreposição foram mapeadas e identificados os Eixos de Direção de Variação de Máximos 1 e 2.

#### **4.3.6 - MAPA DE DENSIDADE DE TRAÇOS DE JUNTA**

Para a produção do mapa de densidade de Traços de Junta foi utilizado o estimador de densidade “Density Line” do software ArcGis 9.3, que identificou e classificou áreas com diferentes densidades de Traços de Junta por Km<sup>2</sup>, atribuindo-lhes diferentes valores.

Foram estabelecidas três diferentes classes com cores representando o valor de densidade, sendo as de menor densidade na cor verde, densidade moderada na cor amarela e a de maior densidade na cor vermelha. A classificação das áreas de densidade de traços de junta está representada nos resultados desta pesquisa, conforme mapa na figura 32.

#### **4.3.7- DIAGRAMA DE ROSETA PARA FREQUÊNCIA DE TRAÇOS DE JUNTA**

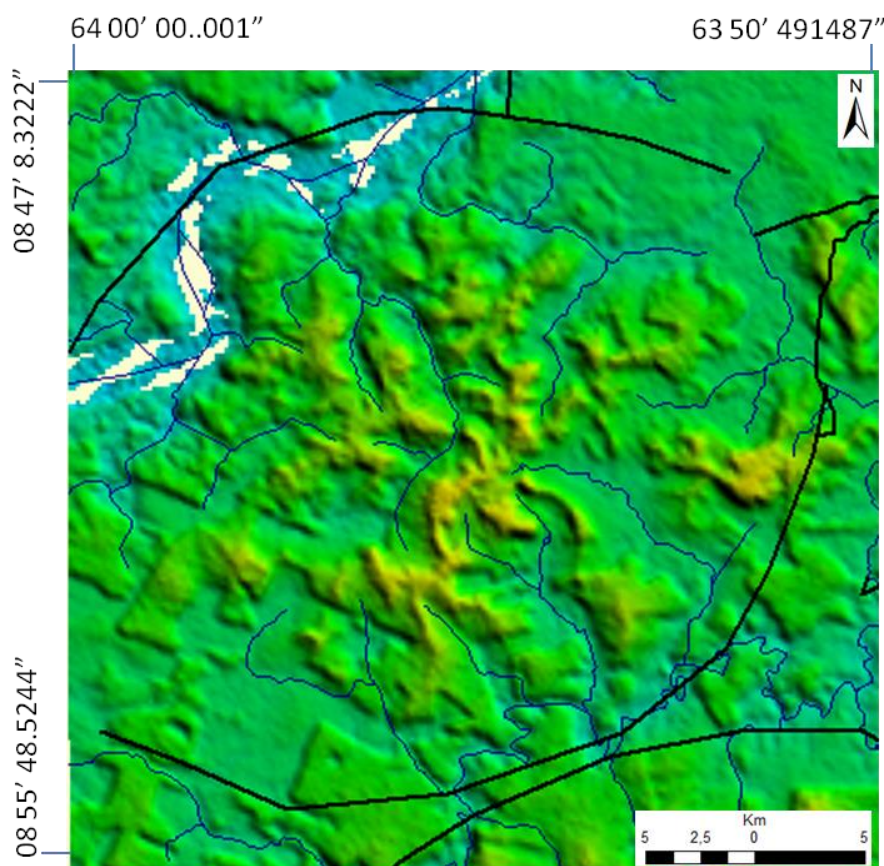
Da mesma forma que para os lineamentos, os traços de junta também foram analisados no Diagrama de Roseta no software Spring, o qual foi de grande importância para analisar os esforços tectônicos da área de estudo, como também sua frequência relativa.

#### **4.3.8 - IDENTIFICAÇÃO E EXTRAÇÃO DAS DEFORMAÇÕES DÚCTEIS**

A identificação e análise das morfoestruturas dúcteis foram realizadas a partir do mapa da rede de drenagem e também da imagem de elevação digital DEM/SRTM. Os softwares utilizados foram o Global Mapper e ArcGis 9.3 para utilização das imagens digitais, para utilização e criação de arquivos Shapes e finalização do mapa morfoestrutural.

Foram observados e identificados no mapa da rede de drenagem, os padrões característicos de morfoestruturas dúcteis, sendo eles os radiais e as formas arqueadas. Em seguida, fez-se a sobreposição com a imagem de elevação DEM/SRTM, onde foram confirmadas e delimitadas as linhas de contorno sobre os padrões de drenagem, conforme o exemplo da figura 21.





**FIGURA 21:** Interpretação de anomalias de drenagem para a construção das linhas de contorno do mapa de morfoestruturas.

As formas de padrões radiais e arqueadas encontradas, foram extraídas por meio da ferramenta “Digitizer Tool” (Ferramenta de Digitalização) do software Global Mapper.

Iniciou-se contornando as formas circulares da rede de drenagem que são representadas pelo padrão radial da rede de drenagem e pelos arqueamentos dos canais retilíneos.

A direção do curso dos canais aponta o fluxo da drenagem indicando, como por exemplo, se o referido padrão radial da rede de drenagem é do tipo centrífugo (divergente) ou centrípeto (convergente), os quais estarão associados aos Altos Estruturais representado pela letra “A” que será um ponto de dispersão da rede de drenagem, e aos Baixos Estruturais representados pela letra “B” que será um ponto de concentração da rede de drenagem, respectivamente.

Uma vez definidos os Altos e Baixos Estruturais, parte-se para a definição dos Altos e Baixos Topográficos. Para isso é necessário a análise hipsométrica do relevo, a qual é realizada a partir da geração das curvas de níveis cotadas, extraídas da imagem de elevação DEM/SRTM, por meio do uso da ferramenta “Generate Contours” do software Global Mapper.

Ao sobrepor as curvas de nível sobre os Altos e Baixos Estruturais, fica definido que, conforme a metodologia proposta, em áreas onde ocorreram sobreposições de altos topográfico em áreas de Altos Estruturais, estas passam a receber a denominação de Alto Estrutural e Alto Topográfico, representadas pelas letras “Aa”. As áreas que possuem Alto Estrutural, porém apresentam baixa cota topográfica, denominam-se Alto Estrutural com Baixo Topográfico, representadas pelas letras “Ab”. Os Baixos Estruturais por sua vez, ao estar sobreposto por alto topográfico recebe a denominação de Baixo Estrutural com Alto Topográfico, representados pelas letras “Ba”, e os que apresentam-se sobreposto por baixos topográficos recebem a denominação de Baixo Estrutural com Baixo Topográficos, representados pelas letras “Bb”.

#### **4.4 - TRABALHO DE CAMPO**

Após a finalização de todos os produtos desenvolvidos por meio de sensoriamento remoto, o trabalho de campo foi necessário para validar *in loco* as informações produzidas. De posse dos mapas de lineamentos, traços de juntas e altos e baixos estruturais foi feito o controle de campo para confirmação e/ou correção das informações, como também identificação de novos fatos que não foram identificados durante o sensoriamento remoto.

Na tentativa de atingir o máximo de abrangência durante o controle de campo, os meios empregados para deslocamento até áreas de observação foram por meio aquático, terrestre e aéreo, haja vista as limitações de acesso em muitos locais.

#### **4.5 – MAPA DE SOBREPOSIÇÃO DE INFORMAÇÕES E PROPOSTA PARA TRAÇADOS DE ESTRADAS E RODOVIAS**

Os mapas elaborados foram sobrepostos para que pudesse ser feita uma análise integrada dos resultados obtidos de densidade de drenagem, traços de juntas e lineamentos, máximos de direção e sobreposição dos traços de junta e também as zonas de Altos e Baixos Estruturais com Alto e Baixos Topográficos respectivamente.

Depois de realizada a análise integrada dos resultados foi possível produzir um mapa final onde evidencia quais as áreas mais adequadas e menos adequadas para uso de estradas e rodovias. De posse dessas informações realizou-se dois traçados esquemáticos pra estradas e rodovias.

Os critérios para a definição desses traçados foram pautados conforme diretrizes e normas do DNIT – Departamento Nacional de Infra-estrutura Terrestre (DNIT, 2006).

## **5 – RESULTADOS**

Considerando que o objeto deste trabalho foi realizar uma análise morfoestrutural para subsidiar traçados de estradas e rodovias para a área da Folha Porto Velho, e considerando a metodologia utilizada, obteve-se os seguintes resultados que são apresentados na ordem de análise.

### **5.1 - ANÁLISE DA REDE DE DRENAGEM**

#### **5.1.1 - ADENSAMENTO DA REDE DE DRENAGEM**

A rede de drenagem da área foi adensada para uma escala de 1:50.000 a partir de fotointerpretação das imagens Landsat, Google Earth e SRTM em meio analógico e digital.

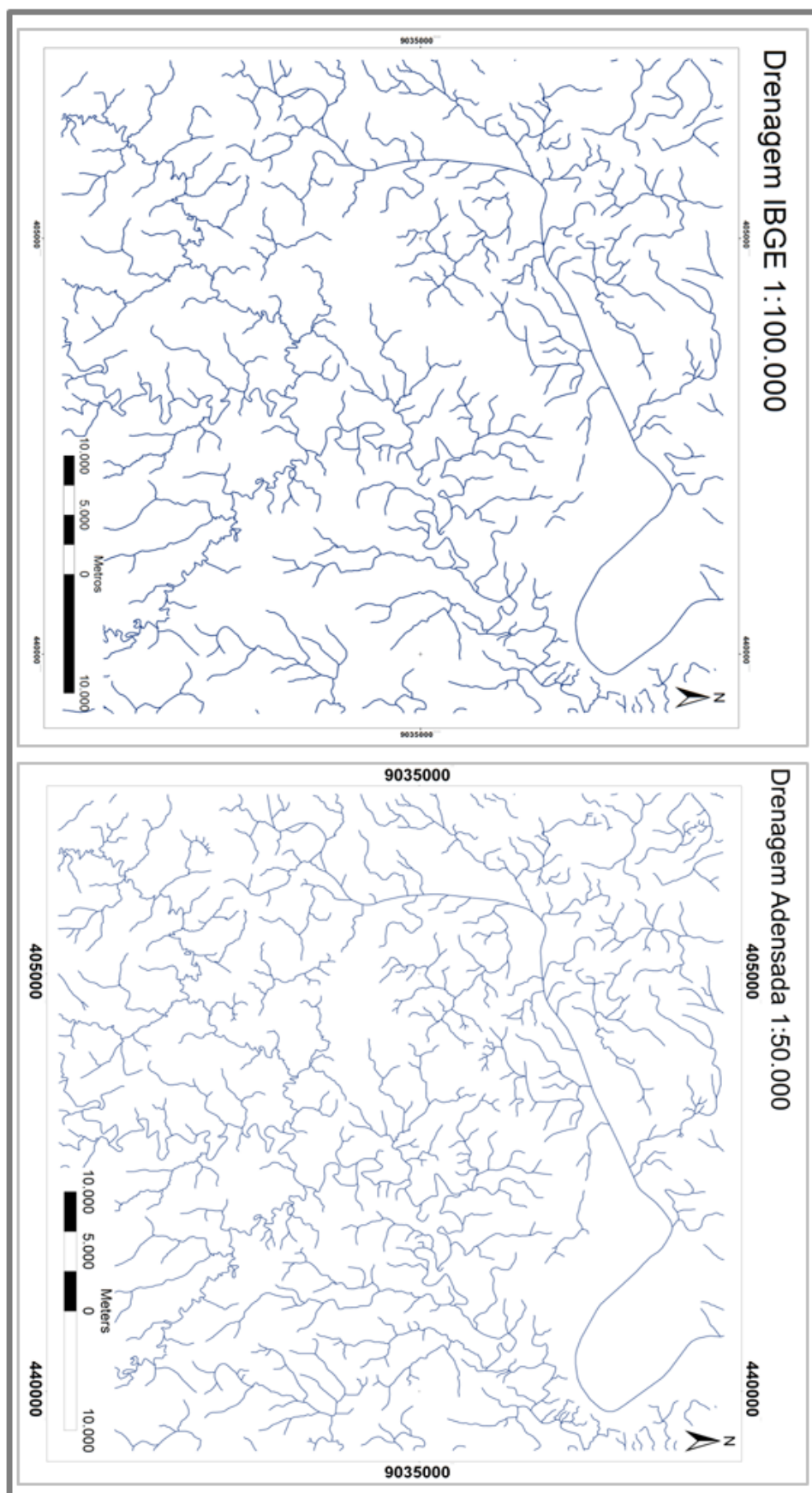
Como já mencionado na metodologia, as linhas de drenagem foram fotointerpretadas e traçadas por meio da ferramenta “Digitizer Tool” (Ferramenta de Digitalização) interface do software Global Mapper e em seguida exportado no formato shapefile. A escala de trabalho foi de 1:50.000.

O adensamento se fez necessário para complementar a rede de drenagem, que não atendia as necessidades de detalhes para o adensamento, a qual estava em uma escala 1:100.000.

O objetivo principal de adensar a rede de drenagem foi extrair os traços de junta, uma vez que estes são identificados a partir de canais de 1ª e 2ª ordem, haja vista que os pontos onde se instalam esses canais são em fraturas, considerados como sendo os pontos de fraquezas da área.

Além de permitir a extração dos traços de junta, o adensamento da drenagem foi fundamental para estimar e mapear as áreas de maior densidade de

drenagem, importante indicador de fragilidade ambiental haja vista a alta concentração de fraturas onde estão instalados os canais da rede de drenagem.



**FIGURA 22:** Drenagem 1:100.00 (IBGE 1980) e Drenagem Adensada 1:50.000

### 5.1.2 Mapa de Densidade da Rede de Drenagem

O mapa de densidade indica onde estão concentradas as áreas de fraqueza em maior e menor quantitativo, que conseqüentemente representa em razão da concentração de canais a serem transpostos, as áreas com maiores e menores quantidades de barreiras naturais que podem influenciar na definição de um traçado de estradas e rodovia.

Foram estabelecidas três Zonas distintas no mapa, cada uma correspondendo a quantidade de rios dentro de um raio de 1 km<sup>2</sup> em classes de cores que variam de 0 a 2,18 canais/km<sup>2</sup> (fig. 23).

As Zonas de Baixa Densidade estão representadas pela cor verde e apresentam até no máximo 0,73 canal/Km<sup>2</sup>;

As zona de Média Densidade, na cor amarela, apresentam de 0,73 a 1,45 canais/Km<sup>2</sup>;

As zonas de Alta Densidade, na cor vermelho, apresentam 1,45 a 2,18 canais/km<sup>2</sup>.

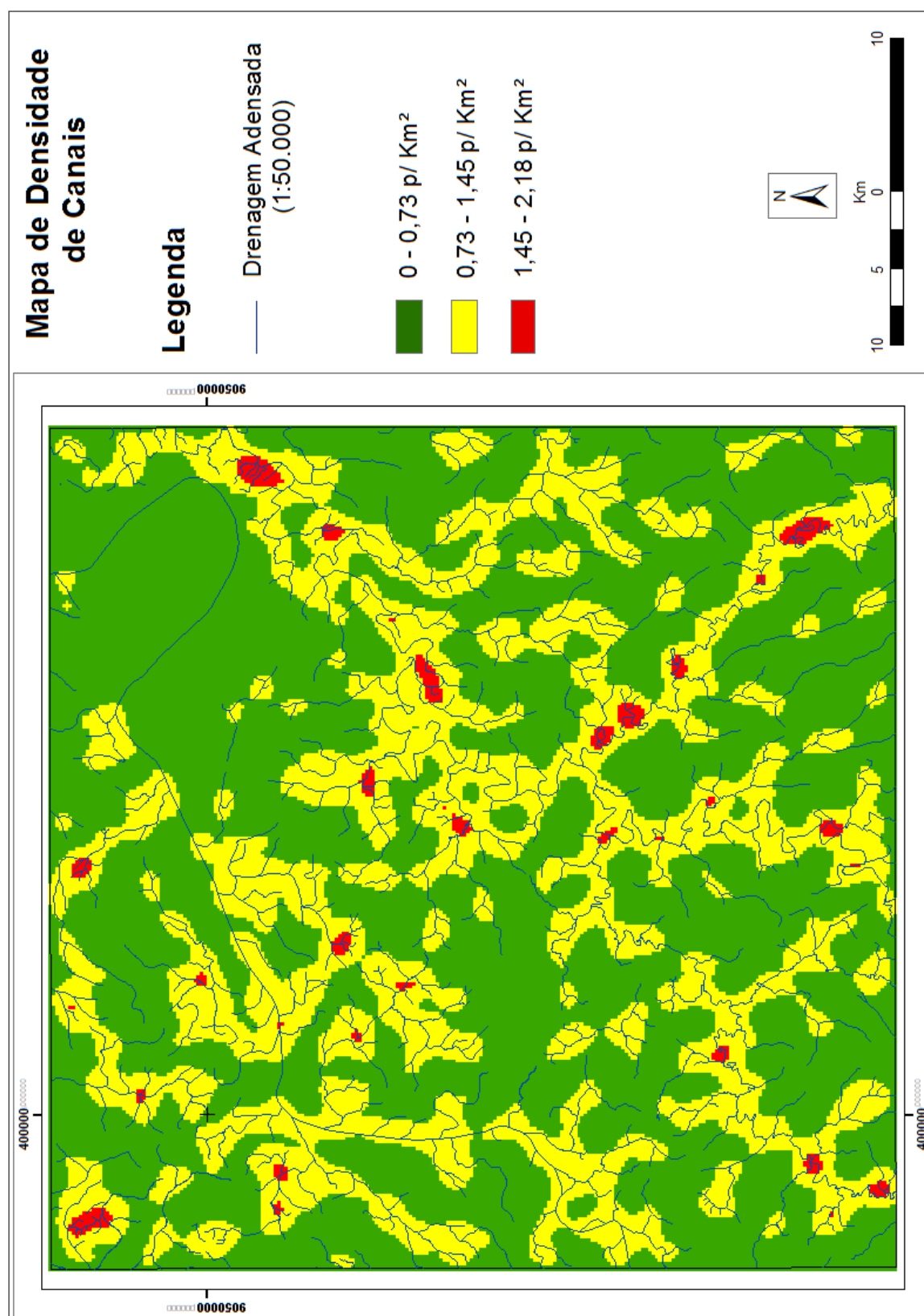
Zona 01 Baixa Densidade – de 0 a 0,73 canais/Km<sup>2</sup>: Esta zona é indicada como sendo a mais apropriada para delimitar traçados de rodovias, haja vista as diretrizes e normas do DNIT (BRASIL, 2006) determinar que se deva adotar um traçado no qual evite ao máximo transpor canais de rios, visando com isso redução no custo da obra na construção e manutenção de pontes, como também a redução nos impactos ambientais durante as construções.

Zona 02 Média Densidade – de 0,73 a 1,45/Km<sup>2</sup>: O uso desta zona para definição de traçados é indicado quando não houver a possibilidade de que se faça nas zonas de baixa densidade. O espaçamento médio entre os canais dentro dessa zona de média densidade é de 900 metros a 1,2 km, devendo ser utilizada de forma moderada.

Zona 03 Alta Densidade – de 1,45 a 2,18/Km<sup>2</sup>: Ocorrem principalmente juntos aos canais principais e suas confluências. Existe um grande quantitativo de pequenos canais que deságuam nos rios principais, criando nessas áreas zonas de alta densidade por conta da proximidade de seus canais. Outra característica que ocasiona na delimitação de zonas de alta densidade é o comportamento meandrante dos canais, haja vista que suas curvas muitas vezes possuem, entre uma e outra, um espaçamento menor que 100 metros.

Nesta zona de densidade o seu uso para traçados de estradas e rodovias torna-se um tanto quanto inviável economicamente e restrito ambientalmente, indo assim de encontro com as normativas mencionadas anteriormente.



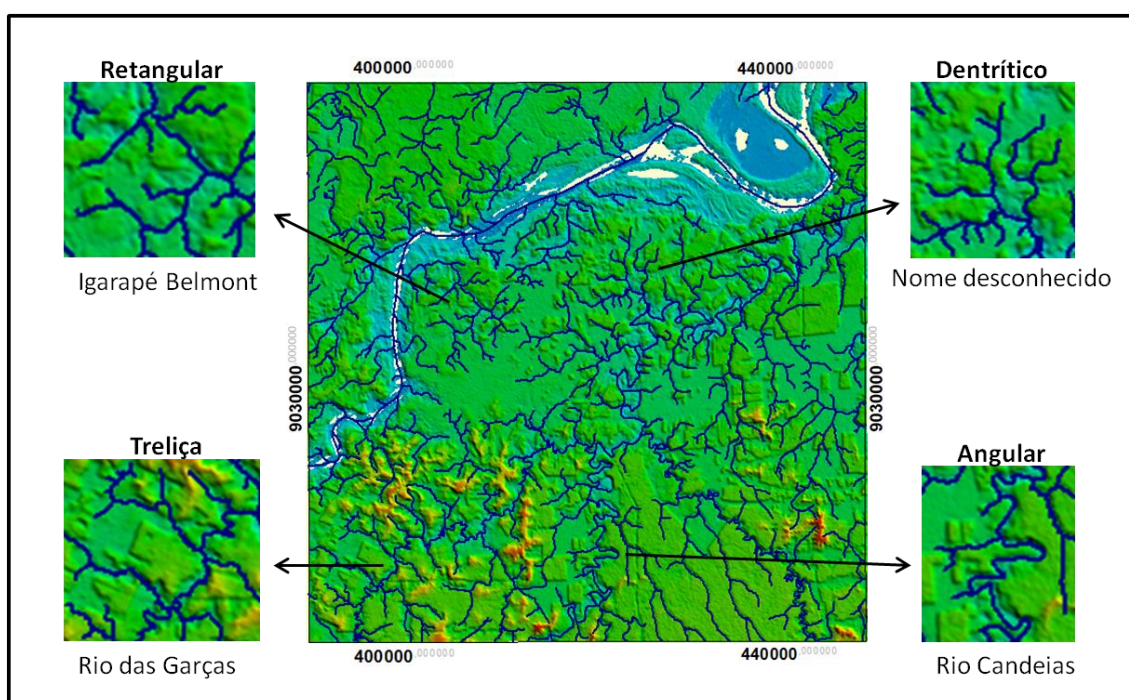


**FIGURA 23:** Mapa de Densidade de Canais da Folha Porto Velho.

### 5.1.3 - Padrões e Formas de Drenagem

As formas apresentadas referentes ao padrão da rede de drenagem nos permite observar o controle estrutural que é refletido pelo comportamento dos canais fluviais.

Chama a atenção na Folha Porto Velho, as retilinidades na drenagem ou a predominância dos padrões do tipo angular, retangular e treliça, resultantes do controle estrutural, conforme pode ser observado na figura abaixo:



**FIGURA 24 - A:** Padrões da rede de drenagem da Folha Porto Velho. Howard (1967)

O padrão Retangular identificado no quadro acima se encontra no sítio urbano do município de Porto Velho, o qual está orientado nas direções NE–SW e NW–SE. Este padrão de drenagem é típico de áreas com drenagem sob o controle estrutural representado por falhas ou juntas, onde estas se cruzam formando cotovelos em ângulo reto nos canais.

O padrão Angular, não é considerado um padrão básico de drenagem, mas sim um padrão modificado, derivado do padrão Retangular, onde não se mantém

uma regularidade quanto aos ângulos retos, formando assim cotovelos em ângulos com direções variadas, associado a padrões de canais meandrante. Nota-se também que as características angulares e meandantes da rede de drenagem podem estar relacionadas aos esforços compressivos da dinâmica tectônica, muito comum na região amazônica evidenciada pelos encurtamentos dos canais da rede de drenagem.

Na área em questão, esses padrões seguem direções orientadas principalmente a NE-SW, como também a NW-SE e E-W. Essas características podem ser observadas nas bacias do rio Candeias e demais rios que a compõem, sendo eles o rio das Garças, rio Preto e demais rios de menor porte.

O padrão Trelança formado por diversos canais que se cruzam formando ângulos retos, em uma relação de canais tributários com o canal principal. Semelhante ao padrão Retangular, o padrão Trelança é orientado sob forte controle estrutural de falhas e juntas nas direções NE-SW e NW-SE. Essa característica geométrica é notada em parte do curso do rio das Garças, a sudoeste da área de estudo, onde se formam canais perpendiculares ao canal principal.

O padrão Dentrítico não é muito ocorrente na área de estudo, sua característica se dá pelo fato de seus canais se distribuírem em direções diversas e a confluência dos canais ocorrer em ângulo bem fechado. Esse padrão pôde ser observado, de maneira bastante discreta, na margem esquerda no baixo curso do rio Candeias, conforme pode ser observado na figura acima (fig. 24 - A).

Quanto às formas circulares, foi possível observar na área de estudo os padrões de drenagens Radiais Centrípetas (convergente) e Centrifugas (divergente), onde o primeiro é um padrão de drenagem modificado e o segundo um padrão de drenagem básico.

O padrão Radial Centrífugo pôde ser notado e classificado na área sobre a formação geológica Santo Antônio, na porção sudoeste da área de estudo, e o padrão Radial Centrípeto no baixo curso do rio Candeias (fig. 24 - B).

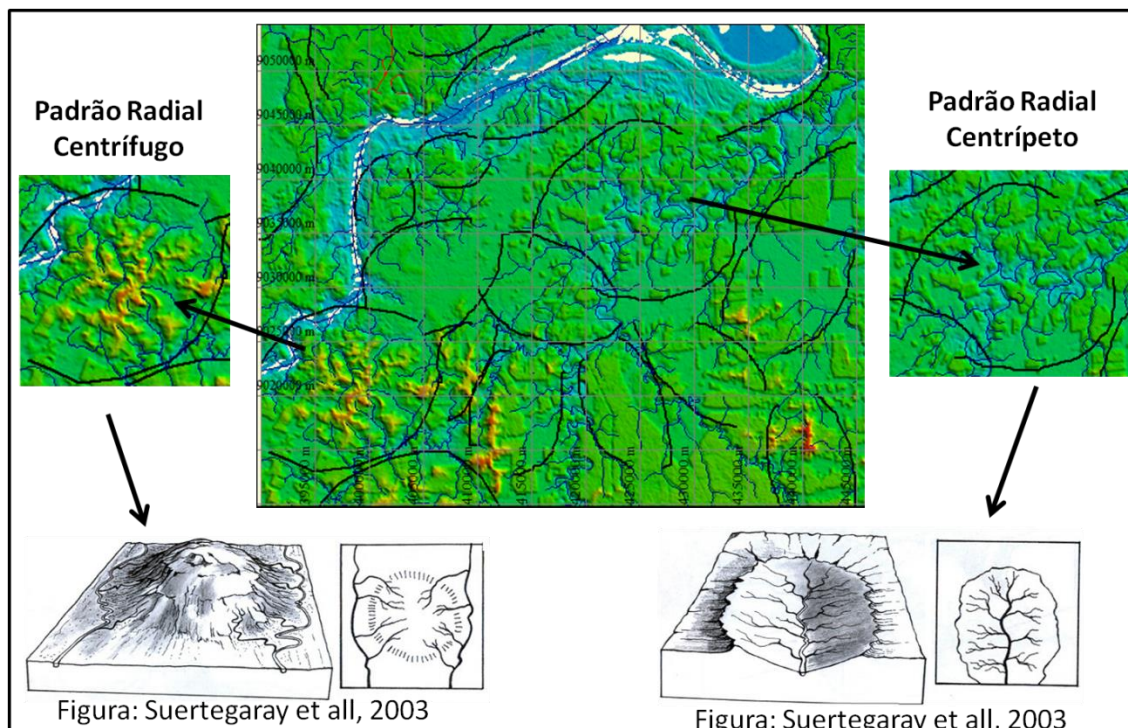


FIGURA 24 - B: Padrões De Drenagem da Folha Porto Velho. Howard (1967)

No conjunto, a rede hidrográfica da área de estudo, apresenta anomalias evidenciadas nos padrões de drenagem.

Verifica-se que em uma mesma bacia contem mais de um padrão típico, como é o caso do rio Das Garças, que ora apresenta padrão Trelça, ora apresenta padrão Retangular.

Essas anomalias são originadas pelas estruturas geológicas e geomorfológicas. As formações geológicas que exercem controle estrutural sobre a drenagem dentro da área de estudo, conforme pode ser observado no mapa geológico (fig. 10), é a formação Santo Antônio e (no caso do rio Das Garças), e pela Formação Serra da Providencia (no caso do rio Candeias e rio Preto).

Nota-se que os canais estão orientados preferencialmente nas direções NE-SW, bem como NW-SE, que segundo estudos do RADAM Brasil para a Folha Porto Velho (BRASIL, 1978 p.114) essas direções correspondem ao sistema de falhas paralelo aos lineamentos estruturais regionais Madeira-Quatorze de Abril e Araras, respectivamente.

## **5.2 – ANÁLISE MORFOESTRUTURAL (RÚPTIL)**

Os mapas de lineamentos estruturais e de traços de junta foram elaborados para indicar as áreas de maior fragilidade ambiental do ponto de vista do grau de suscetibilidade à erosão.

### **5.2.1 - LINEAMENTOS ESTRUTURAIS**

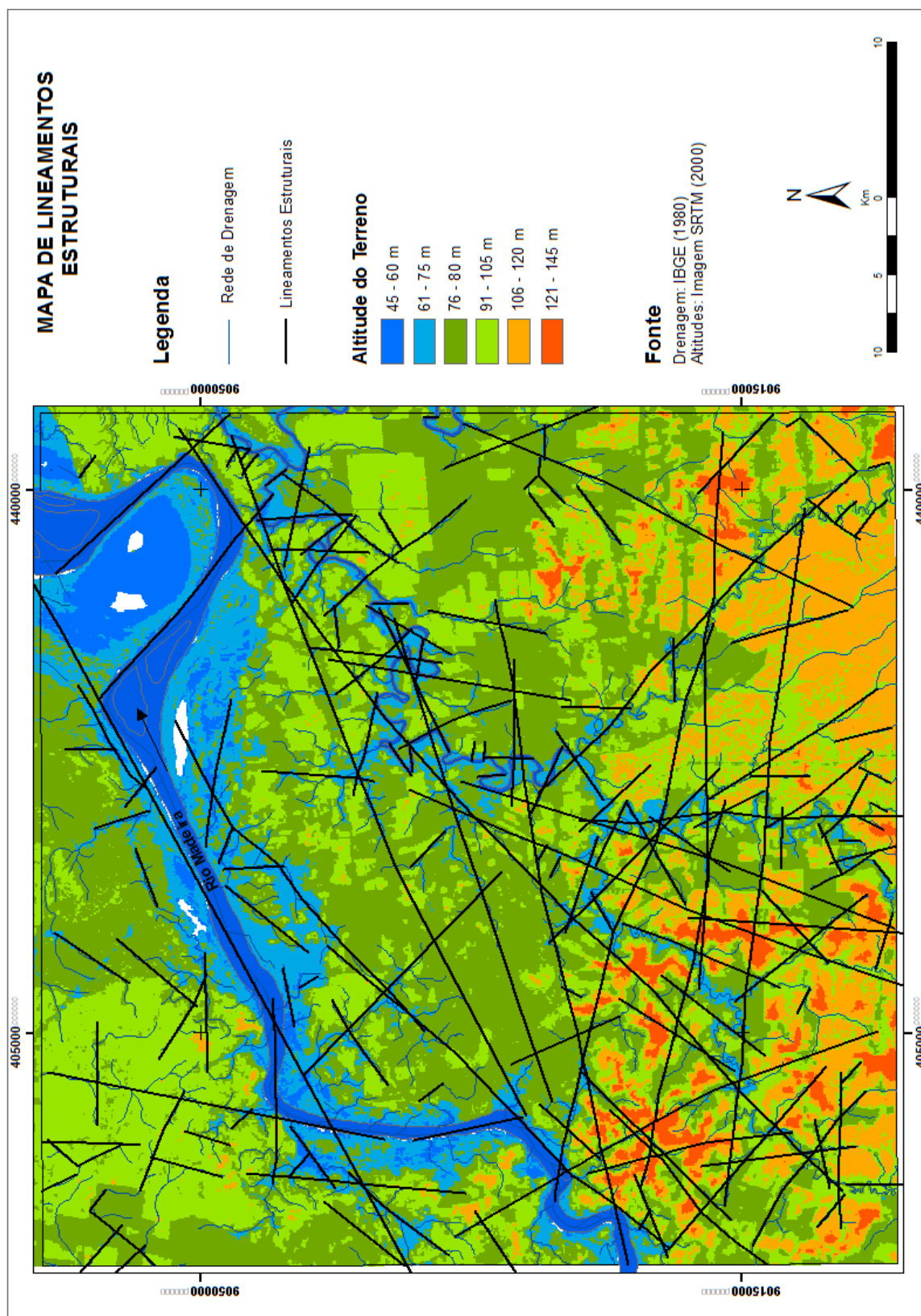
Na área de estudo foram identificadas diversos lineamentos estruturais com orientações em vários sentidos conforme pode ser observado no mapa de lineamentos estruturais extraídos da rede de drenagem (fig. 25).

Da mesma forma que pôde ser observado uma tendência regional de direções durante a análise da rede drenagem, na extração dos lineamentos observou-se o mesmo padrão, predominado as orientações NW-SE e NE-SW, respectivamente, como pode ser confirmado na análise dos lineamentos estruturais no diagrama de roseta (fig. 26).

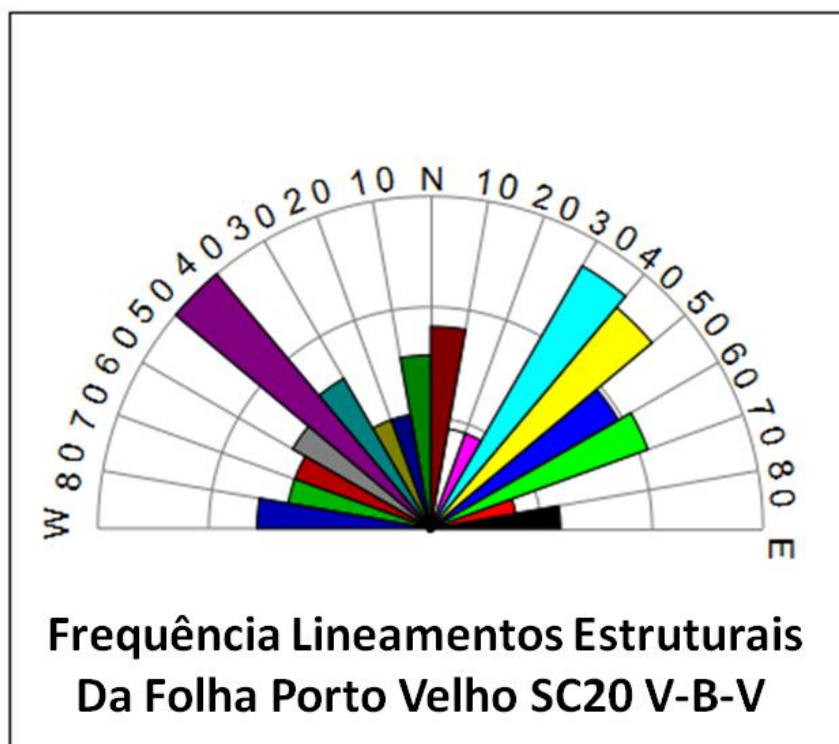
Essas direções não são particulares da área de estudo, mas sim de uma tendência em toda região amazônica, resultantes de diversos esforços tectônicos ao longo de vários eventos.

Para entender a sistemática dessa dinâmica regional de direções dos lineamentos identificados na folha em questão, segue-se as colocações de Hasui (1996, p.31-34) o qual afirma que a evolução geológica da região amazônica passou por três fases, sendo a primeira do Proterozóico Inferior ao início do Proterozóico Médio, onde se formou uma grande massa continental a qual passou por três eventos tectônicos extensional intraplaca dando origem no primeiro a falhas normais com direção NE-SW a partir de uma extensão NW-SE, no segundo falhas normais com direção E-W a partir de uma extensão N-S e no terceiro, falhas normais com direção NW-SE a partir de uma extensão NE-SW.





**FIGURA 25:** Mapa de Lineamentos Estruturais da Folha Porto Velho.



**FIGURA 26:** Diagrama De Rosetas com Frequência de Direções Dos Lineamentos Estruturais da Folha Porto Velho.

Nessa fase, conforme Dantas & Adamy (2010, p.49), ocorreu soerguimento da cachoeira de Jirau no rio Madeira que se deu a partir de um plano de falhas de direção E-W correspondendo assim ao Mesoproterozóico que foi o terceiro evento da primeira fase da evolução acima colocado sendo esse plano de falha reativado no Cenozóico.

A segunda fase, tentativa de ruptura da grande massa continental, ocorreu no Paleozóico onde surgiu a bacia do Amazonas a partir de um eixo de extensão de direção NW-SE dando origem a falhas normais com orientação NE-SW.

Na terceira fase, relacionada a deriva continental, ocorreu a abertura do Atlântico, reativação da bacia do Amazonas (e também as do Solimões e Parnaíba) e movimentações transcorrentes a partir de falhas pré-existentes, ambos os eventos no Mesozóico e com eixo extensional predominantemente orientado a ENE-WSW dando origem a falhas normais NNW-SSE e E-W. Já no Cenozóico em todo território

brasileiro, manteve-se o predomínio do regime de transcorrência, a partir da movimentação rotacional da placa Sul-Americana para Oeste.

Fortes (1996 p.305) reafirma que as reativações de lineamentos pré-existent por meio de esforços transcorrentes é resultado do contexto global de expansão da terra e rotação no sentido anti-horário representado por extensas faixas transcorrentes com direções NE-SW.

Costa (1996 p.35) aponta o lineamento Tupinambarana orientado no sentido NE-SW como sendo resultante de atividade tectônica do Mioceno-Plioceno (terceira fase de evolução geológica), o qual é responsável por controlar o baixo curso do rio Madeira.

Hasui (1990) afirma que durante toda essa evolução sempre ocorreram aproveitamentos de descontinuidades resultantes de episódios anteriores. O lineamento Madeira-Quatorze de Abril orientado a NE-SW é um exemplo bastante claro do aproveitamento de descontinuidades de fases anteriores, uma vez que este lineamento foi responsável por reativar o lineamento Araras proveniente de um evento geológico anterior orientado a NW-SE. O autor ainda ratifica que nem todos os fraturamentos identificados nas imagens são de origem recente, podendo também ser fraturas antigas reativadas por atividade tectônica. Exemplo disso foi demonstrado por Passarge (1931) ao identificar em seus estudos, a presença de importantes movimentos em sedimentos do terciário.

Saadi (1993 p.04) ao fazer considerações sobre a neotectônica da plataforma brasileira sugere a existência de um megalineamento disposto na direção NE-SW na região amazônica, sentido equivalente ao conjunto de direções ora abordados, o qual exerce controle estrutural regional em todos os afluentes do rio Amazonas, sendo este lineamento denominado Descontinuidade Crustal da Margem Direita Amazônica – DCMDA.

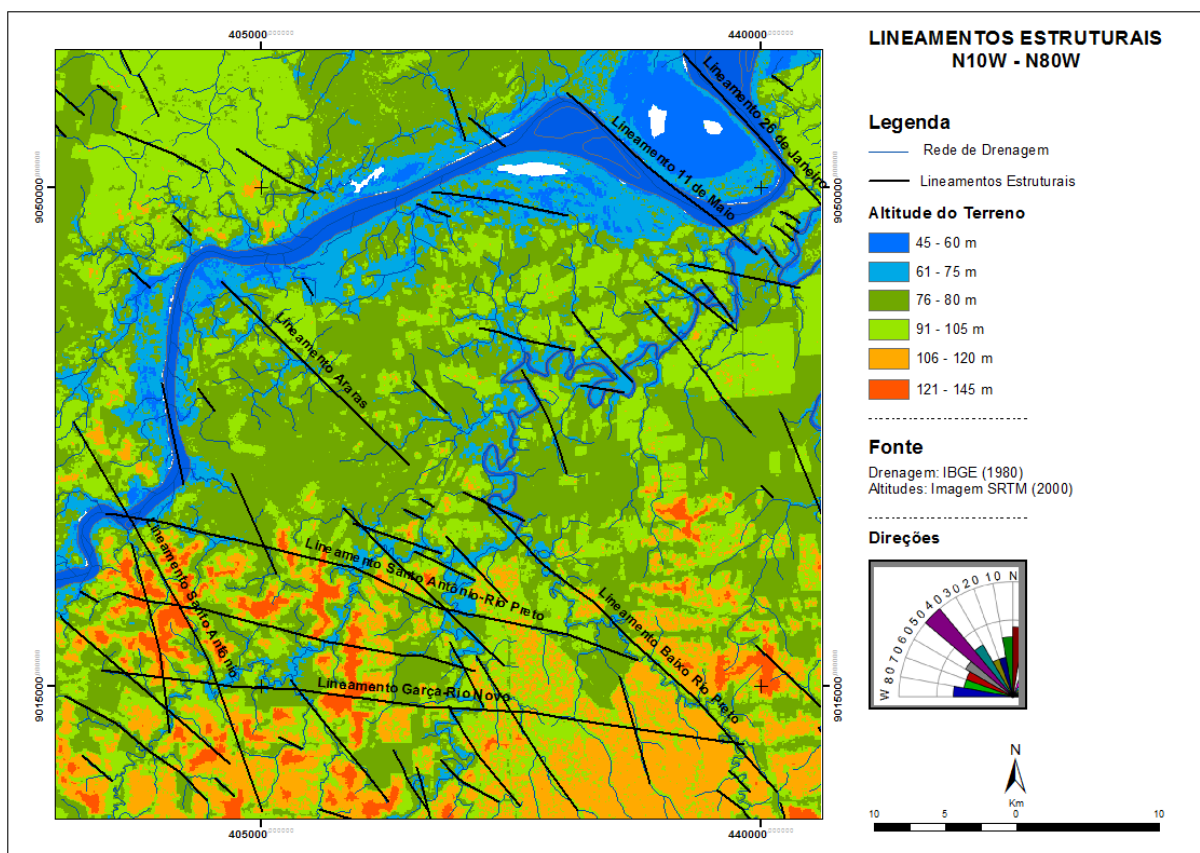
Todas essas descobertas vieram ratificar as informações referentes aos questionamentos levantados por Sternberg (1950, p.511-534) o qual foi responsável pelas primeiras observações acerca do controle estrutural da região amazônica a partir de análise do padrão predominantemente Angular da rede de drenagem, o





agrupa os lineamentos Madre de Dios-Itaquatiara (é o megalineamento responsável por controlar o curso do rio Madeira), lineamento Madeira-Quatorze de Abril (figura entre um dos principais lineamentos dentro da folha SC20 como também influencia o curso do rio Madeira estende-se desde a cachoeira do Santo Antônio até o rio Quatorze de Abril, fora da área de estudo), lineamento Garça-Baixo Candeias (controla o baixo cursos do baixo rio das Garças e do rio Candeias respectivamente, bem como exerce controle estrutural de parte do Arco do Madeira), o lineamento João Romeu (exerce forte controle na retilinidade no igarapé homônimo até a sua foz no rio Candeias), Santo Antônio-Trinta e Cinco (este lineamento controla diversos canais de afluentes, de forma seccionada, desde a cachoeira do Santo Antônio passando pelos rios Candeias e Preto até o igarapé Trinta e Cinco, localizado a centro-leste da área de estudo), Tupinambarana entre outros.

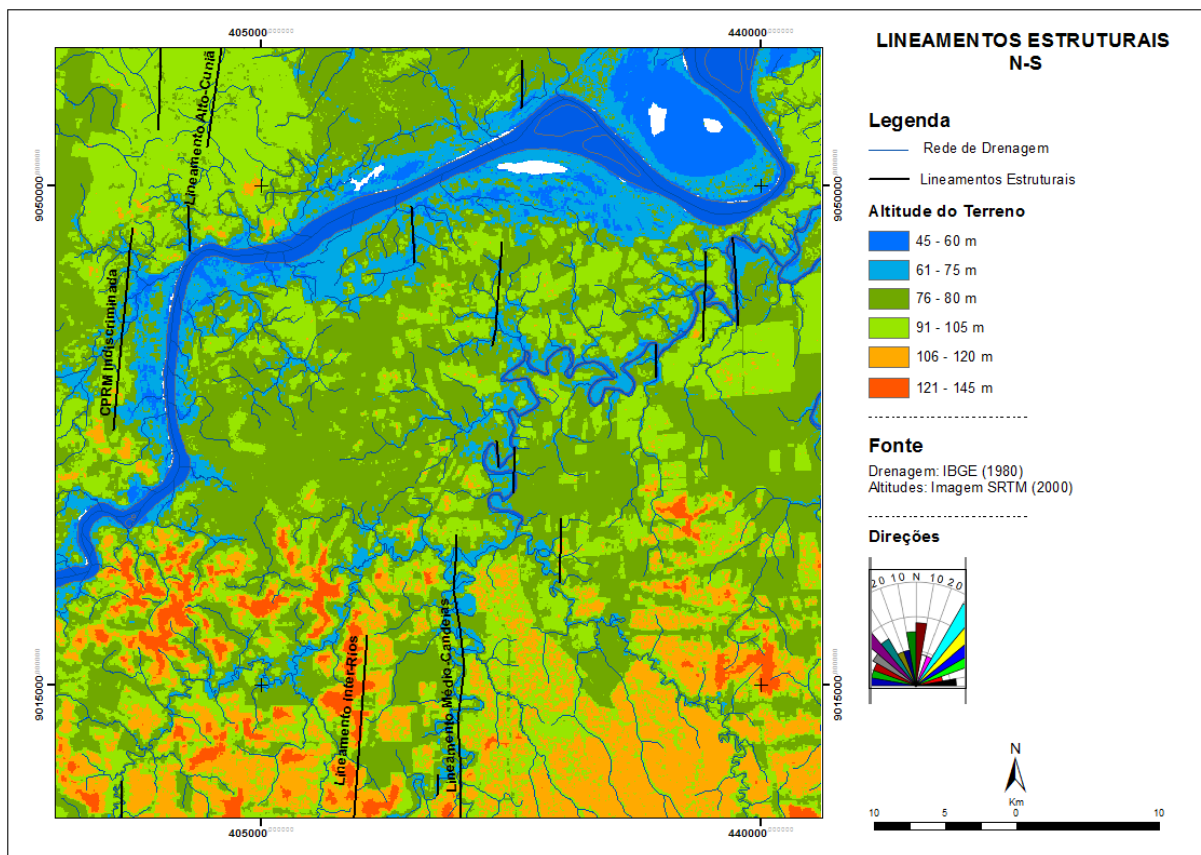
✓ Os lineamentos com direção N10W a N80W;



**FIGURA 28:** Lineamentos estruturais com direções de N10W a N80W

Dentre os lineamentos extraídos nesse conjunto de direções, os de orientação N40W são os de maior frequência. Nesse conjunto destacam-se o lineamento Araras (um dos principais lineamentos nas direções preferenciais da folha SC20), lineamento Santo Antônio (evidenciado pelo alinhamento de relevo até onde controla parte do arco da cachoeira de Santo Antônio), lineamento Baixo Rio Preto (responsável pelo controle estrutural do baixo curso do rio homônimo), lineamentos 26 de Janeiro e 11 de Maio (ambos responsáveis pelo controle estrutural do Arco do Madeira próximo ao distrito de São Carlos), lineamento Garça-Rio Novo (estende-se desde o rio das Garças a SW da área de estudo até o rio Novo a SE e controla parte do curso dos rios Garça, Candeias, Preto, Novo e diversos afluentes) lineamento Santo Antônio-Rio Preto (estende-se desde a cachoeira do Santo Antônio até o rio Preto, exercendo influência no controle estrutural de parte dos canais dos rios Bate-Estacas, Garça, Candeias, Água Limpa e Preto) entre outros.

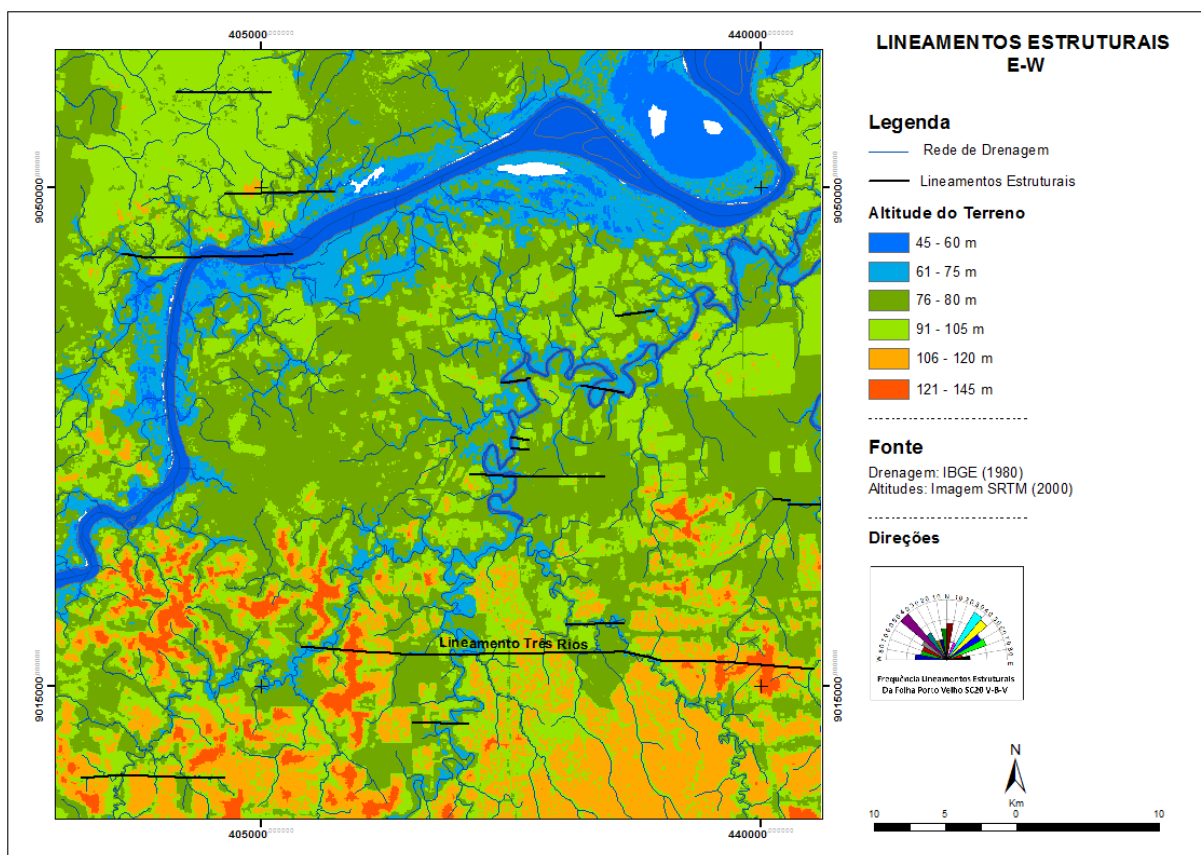
- ✓ Os lineamentos com direção N-S;



**FIGURA 29:** Lineamentos estruturais com direções de N-S

Neste conjunto de lineamentos destacam-se os lineamentos Médio-Candeias (no qual encaixa-se parte do curso do rio Candeias, ao sul da área de estudo até a confluência com o rio das Garças), o lineamento Inter-Rios (está representado pelo alinhamento de relevo que forma um interflúvio entre as calhas dos rios Candeias e João Romeu), o lineamento Alto-Cuniã (localizado a NNW da área de estudo a partir da nascente do rio homônimo), entre outros.

✓ Lineamentos com direção E-W.



**FIGURA 30:** Lineamentos estruturais com direções de E-W

Na porção sul do mapa acima colocado, destaca-se o lineamento Três Rios (controla parte dos cursos dos rios Garça, Candeias, Água Azul, Rio Preto e Rio Novo, localizado nas partes de maiores altitudes da área de estudo, bem como está associado à formação geológica Serra da Providência) bem como demais lineamentos distribuídos pela área de estudo responsáveis por controlar outros trechos do curso do rio Garça, Candeias, Madeira, Cuniã, entre outros.

<b>Principais Lineamentos</b>	<b>Direção</b>	<b>Nº Figura</b>
Madre de Dios-Itaquatiara	N60E	27
Madeira – Quatorze de Abril	NE-SW	27
Garça – Baixo Candeias	NE-SW	27
Tupinambarana	N60E	27
João Romeu	N20E	27
Santo Antônio – Trinta e Cinco	N75E	27
Araras	NW-SE	28
Santo Antônio	N30W	28
Baixo Rio Preto	NW-SE	28
26 de Janeiro	NW-SE	28
11 de Maio	NW-SE	28
Garça - Rio Novo	N85W	28
Santo Antônio – Rio Preto	N75W	28
Médio Candeias	N-S	29
Inter-Rios	N5E	29
Alto Cuniã	N5E	29
Três Rios	E-W	30

**TABELA 01:** QUADRO COM OS PRINCIPAIS LINEAMENTOS E SUAS DIREÇÕES

### 5.2.2 – MAPA DE DENSIDADE DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIS

O mapa de densidade dos lineamentos apresenta as áreas nas quais concentram-se o maior número de lineamentos por Km<sup>2</sup>, gerados a partir do estimador de densidade Density Line.

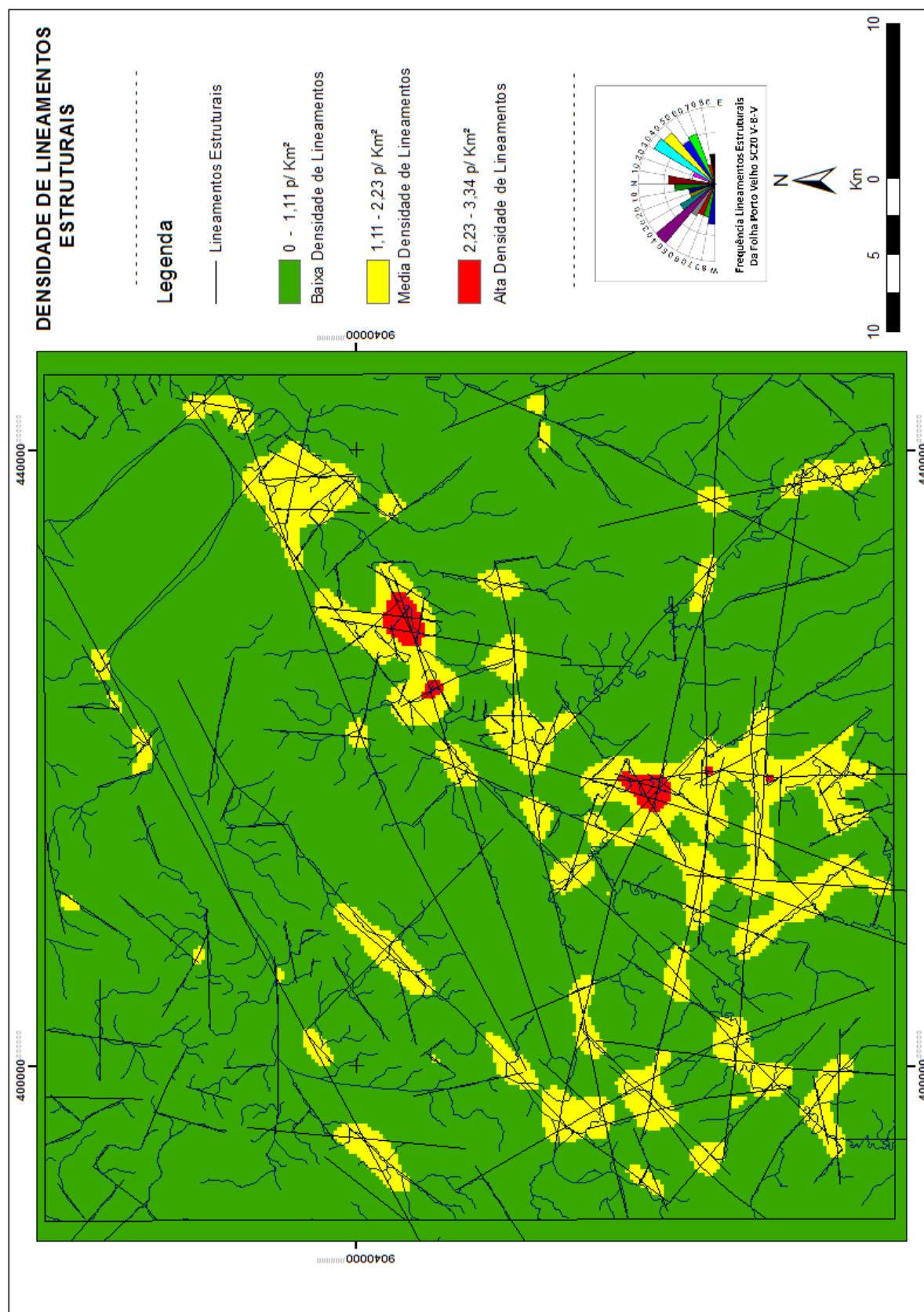
Os diferentes valores de densidade mapeados na área de estudo apresentaram os seguintes quantitativos (fig. 31):

- ✓ Classe de Baixa Densidade com 0 – 1,11 lineamentos por Km<sup>2</sup>. Área de Baixa Densidade de lineamentos estruturais. Considerada como sendo de uso favorável para delimitação de traçado de rodovia.
- ✓ Classe de Média Densidade com 1,11 – 2,23 lineamentos por Km<sup>2</sup>. Área de Média Densidade de lineamentos estruturais. Considerada como sendo de uso moderado para delimitação de traçado de rodovia.
- ✓ Classe de Alta Densidade com 2,23 – 3,34 lineamentos por Km<sup>2</sup>. Área de Alta Densidade de lineamentos estruturais. Considerada como sendo de uso restrito para delimitação de traçado de rodovia.

Na Folha Porto Velho foram identificados cinco zonas de Alta Densidade de lineamentos dentre as quais se destacam duas mais críticas:

- Uma localiza-se no centro-sul da área de estudo próximo a confluência do rio das Garças com o rio Candeias, nos cruzamentos do lineamento Santo Antônio-Rio Preto a N75W; lineamento Médio-Candeias a N-S e demais lineamentos paralelos ao João Romeu a N20E;
- E a outra se localiza também na calha do rio Candeias, a aproximadamente 20 Km de distância da zona anteriormente citado em direção a nordeste, onde cruzam-se lineamentos com orientações N80-E, N60-E, N20-E, N70-W e N30-W.





**FIGURA 31:** Mapa de Densidade dos lineamentos estruturais.



As zonas de Média Densidade localizam-se nas adjacências das zonas de Alta Densidade apresentadas e também ao longo de quase toda calha do rio Candeias, na parte sudeste da Folha na calha do rio Preto, na parte noroeste na calha do rio das Garças, na hidroelétrica de Santo Antônio no rio Madeira e proximidades. As zonas de Baixa Densidade, com maior representação na área de estudo, configuram os divisores de água.

### 5.2.3 - TRAÇOS DE JUNTAS

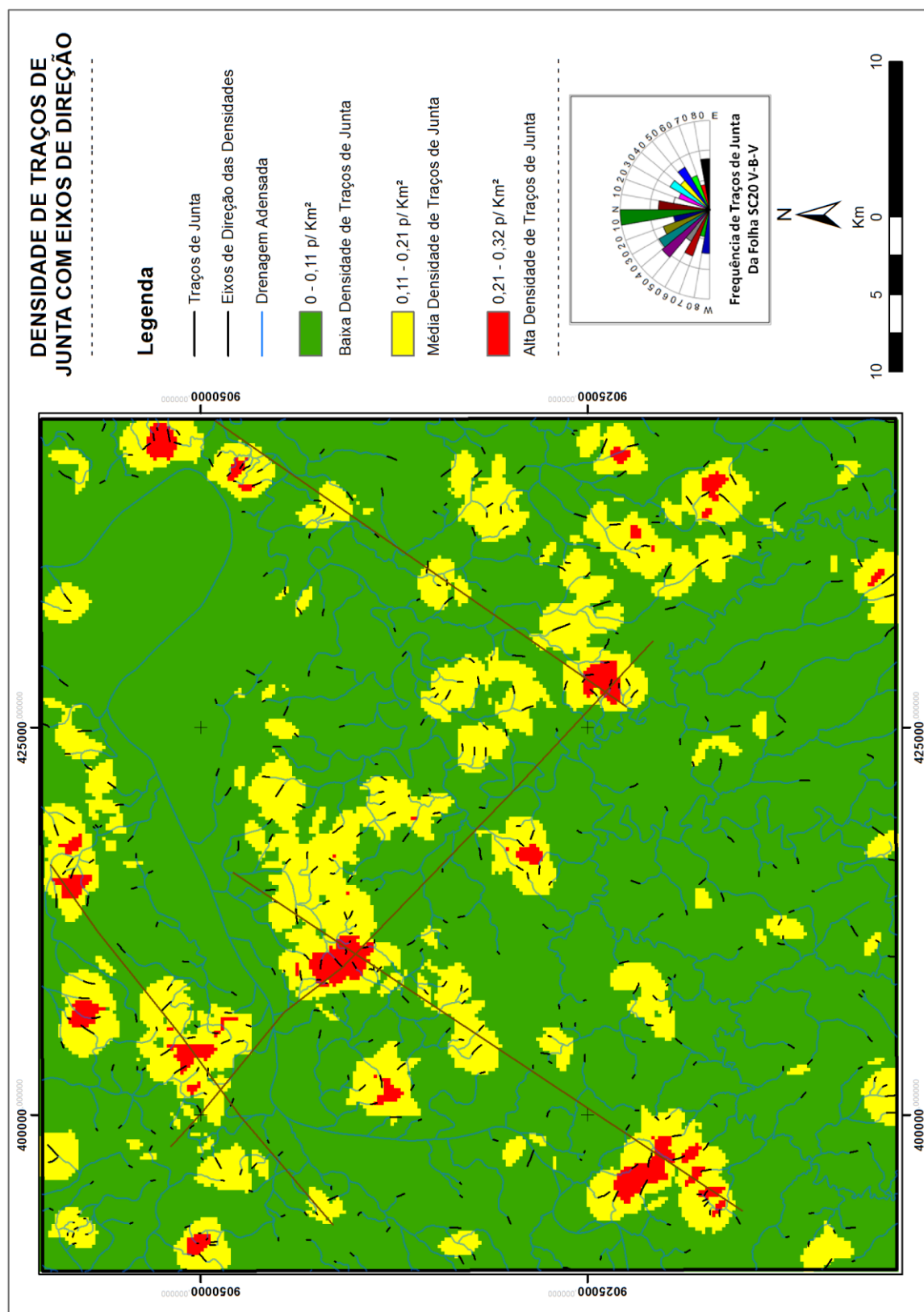
O mapa de traços de junta foi elaborado para verificar as mudanças de direção dos máximos 1 e 2 que apresentam zonas de fraqueza nos terrenos, e se constituem em áreas de maior suscetibilidade a erosão. Sua elaboração também serviu para verificar as áreas de densidade dos traços de junta.

Após realizada a análise dos traços de junta no estimador de densidade Density Line do software ArcGis 9.3, fez-se o mapa com zonas de densidade com os respectivos quantitativos de traços por Km<sup>2</sup>, classificando-as em três diferentes classes de cores e valores conforme a seguir (fig. 32):

✓ Classe de Baixa Densidade com 0 – 0,11 traços de junta por Km<sup>2</sup> na cor verde: Área de Baixa Densidade de traços de Junta, portanto é apontada como sendo de uso Favorável a delimitação de traçado de rodovias pelo fato da área não ter alta suscetibilidade a erosão devido a característica de baixa densidade de canais fluviais.

✓ Classe de Média Densidade com 0,11 – 0,21 traços de junta por Km<sup>2</sup> na cor amarela: Área de Média Densidade de traços de junta, portanto é apontada como sendo de uso Moderado a delimitação de traçado de rodovias pelo fato da área ter médio potencial de suscetibilidade a erosão, devido a característica de densidade apresentada.

✓ Classe de Alta Densidade com 0,21 – 0,32 traços de junta por Km<sup>2</sup> na cor vermelha: Área de Alta Densidade de traços de junta, portanto é apontada como sendo de uso restrito a delimitação de traçado de rodovias pelo fato da área ter alto potencial de suscetibilidade a erosão.



**FIGURA 32:** Mapa de Densidade de Traços de Junta

Essa análise espacial apontou 15 áreas na cor vermelha como sendo de Alta Densidade de traços de juntas, dentre as quais, se destacam duas. Uma localiza-se a noroeste da Folha Porto Velho no alto estrutural à margem direita do rio Madeira, próximo hidrelétrica de Santo Antônio, na formação geológica Suíte Intrusiva Santo Antônio, com uma área de aproximadamente 15 Km<sup>2</sup>. A outra localiza-se ao centro-norte da Folha Porto Velho, também a margem direita do rio Madeira com uma área de aproximadamente 10 Km<sup>2</sup>.

Os pontos considerados como sendo de Média Densidade, na cor amarela, totalizam pouco mais de 28 áreas, onde a maior delas localizada na porção centro-norte da Folha Porto Velho apresentando aproximadamente 97 Km<sup>2</sup> de área.

Observa-se no mapa que as zonas de Media e Alta densidade formam uma conformação de direção sequencial, onde foi possível traçar alguns eixos direcionais principais para representar as referidas conformações. Esses eixos estão dispostos nas direções NW-SE e NE-SW.

O eixo de direção NW-SE reflete a influência do lineamento estrutural Araras e do lineamento estrutural Baixo-Rio Preto que estão presentes na área de estudo (fig. 28), e que estão dispostos na mesma direção e localização do eixo de direção NW-SE definido.

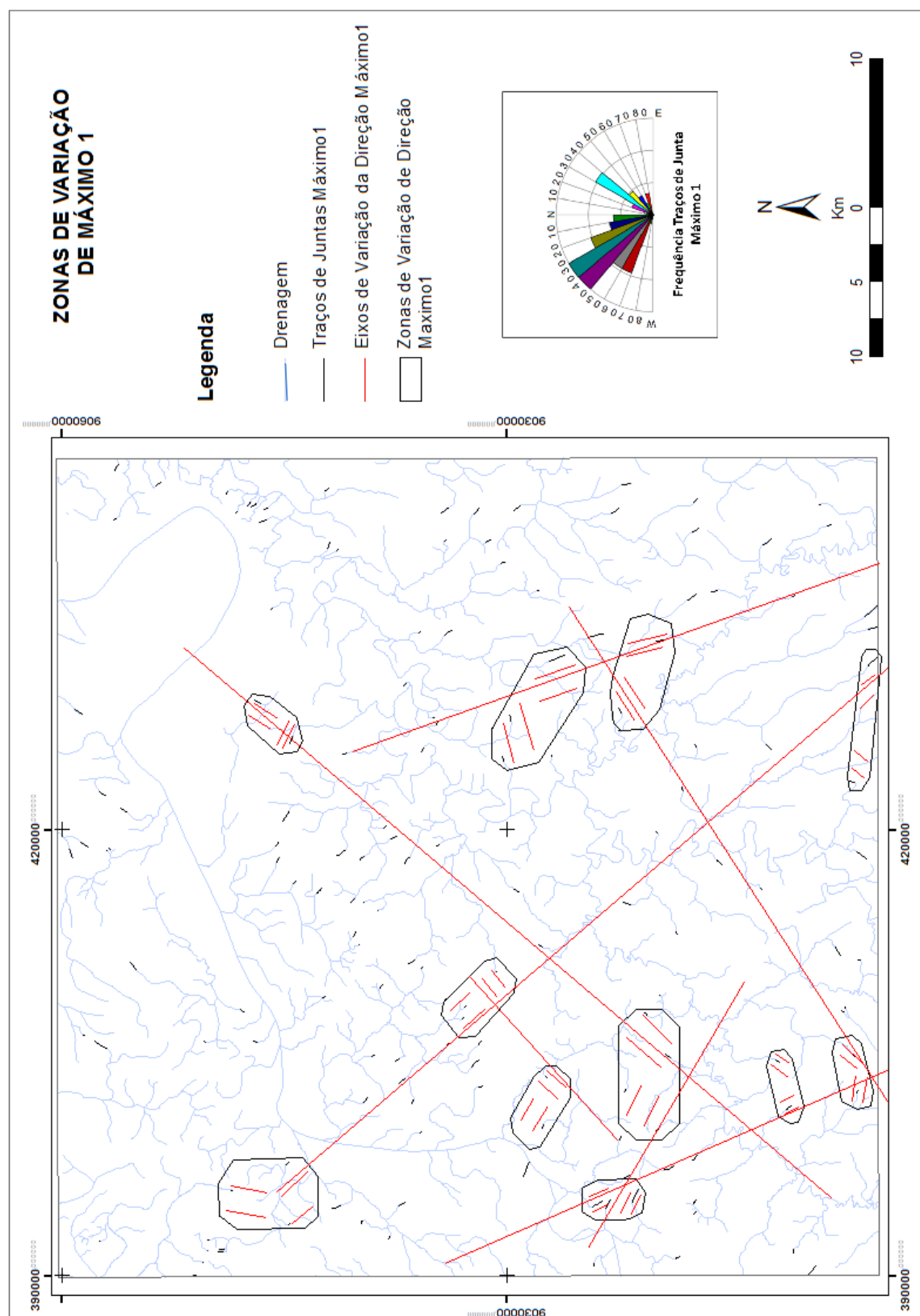
Os demais eixos, ambos conformados na direção aproximada a NE-SW, refletem a influência do lineamento Madre de Dios-Itaquatiara, do lineamento Madeira-Quatorze de Abril e demais lineamentos indiscriminados presentes na área de estudo (fig. 27), que além de estarem dispostos na mesma direção dos eixos NE-SW definidos, também cruza-se perpendicularmente com os lineamentos Araras e Baixo-Rio Preto acima mencionados, formando as zonas fraturadas que por sua vez representam as áreas de maior densidade de canais de drenagem.

#### **5.2.4 - MAPA DE VARIAÇÃO DE MÁXIMOS 1 E 2 DE TRAÇOS DE JUNTA**

Os pontos onde se concentraram o maior número de traços de junta, como mostrados nos valores de densidade são de extrema importância para fins de usos, pois quanto maior o fraturamento maior é a fragilidade da área. As zonas onde ocorrem as mudanças de direção dos máximos de traços de junta, acontecem

alterações no campo de tensão na estrutura que por sua vez a torna mais fraturada e suscetível a processos erosivos e desmoronamentos. Já os eixos de direção das zonas de variação de máximos 1 e 2, nos mostra qual a tendência regional das direções de fraturamento da estrutura.

Os máximos 1 de traços de junta identificados na área de estudo, apresentaram direções principais orientadas a N40W, N50W e N40E, direções estas que correspondem com as orientações das mudanças de direção nas zonas de variação dos máximos 1 (fig. 33).



**FIGURA 33:** Mapa de Zonas de Variação de Máximos 1.

As concentrações de zonas de variação dos máximos 1 localizam-se ao sudoeste no interflúvio dos rios Candeias e das Garças, e entre o rios Madeira e das Garças a oeste da Folha Porto Velho nas proximidades da Universidade Federal de Rondônia e do aterro sanitário municipal. As demais zonas localizam-se a sul-sudeste, centro-leste, centro-nordeste próximo ao arco estrutural, e por último na porção noroeste da área de estudo, na margem esquerda do rio Madeira.

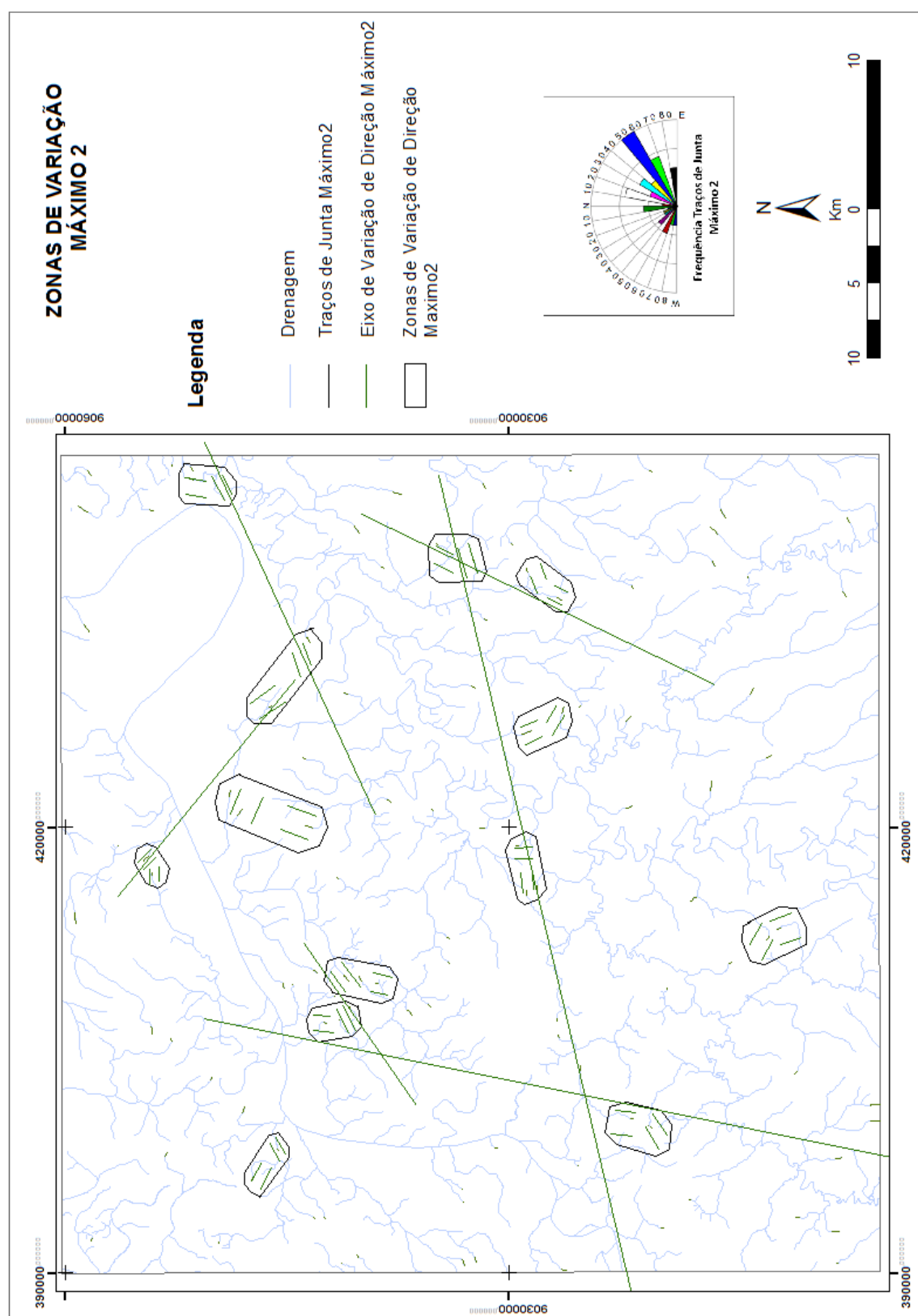
As áreas de maior concentração de zonas de variação dos máximos 1, conforme sobreposição ao mapa de geologia (fig.10) da área de estudo, estão relacionadas ao granito da formação Santo Antônio e as formações lateríticas presentes nessa área.

Os eixos de direção dessas zonas de variação de máximos 1 conferem com as direções apresentadas no diagrama de roseta dentro do mapa acima apresentado, mostrando a tendência regional do fraturamento conforme as distribuição das zonas mapeadas.

Os máximos 2 de traços de junta, apresentaram direções principais orientadas a N60E, N20E e N70E. Outras direções apresentadas com menor frequência estão orientadas a N10W, N60W e N70W. Essas direções mostradas no diagrama de roseta dentro do mapa de variação (fig. 34) representam as direções dos traços de junta de máximos 2 dentro das zonas variação.

Os locais dentro da área de estudo onde essas zonas de variação dos máximos 2 estão dispostas, localiza-se principalmente sobre a bacia do Igarapé Belmont a centro-noroeste, nas proximidades da borda do arco estrutural do rio Madeira a nordeste, e nas áreas a leste da Folha Porto Velho. Há também ocorrência de zona de variação de máximo 2 nas proximidades da Universidade Federal de Rondônia, no alto estrutural da Suíte Intrusiva Santo Antônio, que também é um divisor de águas entre os rios Madeira e Das Garças.

Os eixos de direção dessas zonas de variação de máximos 2 estão orientados principalmente a N20E, N80E, NE-SW, NW-SE e N40E (fig. 34), apontando a tendência regional do fraturamento conforme as distribuição das zonas mapeadas.



**Figura 34:** Mapa de Zonas de Variação de Máximos 2.

O mapa das zonas de variação de máximos 1 e o mapa das zonas de variação de máximos 2 foram sobrepostas gerando o mapa de zonas de variação das direções dos máximos 1 e 2. Esta etapa buscou apontar as zonas onde, a partir das sobreposições das zonas de variação de máximos 1 e 2, estão localizadas as áreas com maior suscetibilidade a processos erosivos, uma vez que em cada zona de variação de máximos já existe suscetibilidade a erosão e que sobrepondo-as umas às outras, potencializa-se o processo.

Na Folha Porto Velho, os pontos onde ocorre sobreposição das zonas de variação deram-se a sudoeste, à aproximadamente 7,5 Km de distância da hidrelétrica de Santo Antônio, em uma na área de interflúvio entre o rio Madeira e o rio Das Garças; à noroeste aproximadamente a 5 km de distancia da margem esquerda do rio Madeira; centro-leste próximo a confluência do rio Candeias e rio Preto e a centro-nordeste próximo ao arco estrutural do rio Madeira (fig. 36).

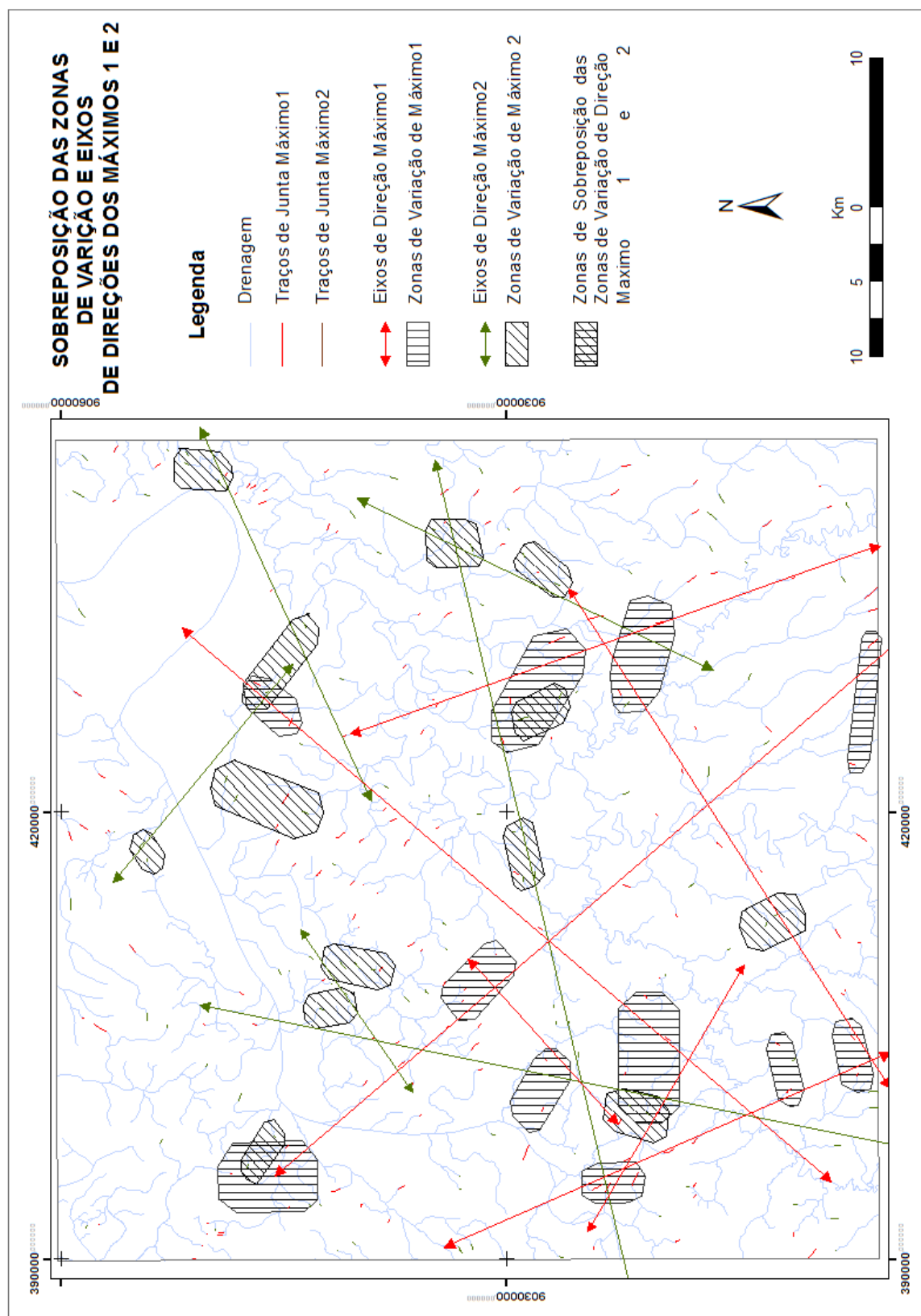
Estas zonas onde os máximos 1 e 2 se sobrepõem são áreas intensamente fraturadas com a suscetibilidade a erosão potencializada. São bastantes permeáveis e de alto risco de movimento de massa em caso de encostas.

Mattos (2002) evidencia bem essas limitações ao elaborar um quadro apontando o grau suscetibilidades a processos erosivos nas diferentes zonas de máximos (fig. 35).

<b>Zona de Variação de máximo</b>	<b>Suscetibilidade a erosão</b>
Sobreposição de variação de Máximos 1 e 2	Muito Alta - maior suscetibilidade a processos erosivos, pois são áreas com maior variação de fraturamentos e onde os processos erosivos já se instalaram duplamente (recorrência). São áreas de alto risco potencial de erodibilidade do solo e de movimentos de massas em encostas.
Variação de Máximo 1 (direção 1 de maior frequência de traços de juntas)	Muito Alta a Alta - áreas com variação de fraturamentos, onde os processos erosivos são mais intensos e podem se instalar devido a catástrofes naturais e/ou ações antrópicas.
Variação de Máximo 2 (direção 2 de maior frequência de traços de juntas)	Alta – áreas com variação de tensão de fraturamentos que podem potencializar o grau de erodibilidade da área onde existe processo erosivo já instalado, sendo propensas a novas instabilidades.

**FIGURA 35:** Zona de variação de máximos conforme o grau de suscetibilidade a processos erosivos. Della Justina (2009) modificado de Mattos (2002).





**FIGURA 36:** Mapa de Sobreposição das Zonas de Máximos 1 e Máximos 2.

### **5.3 - ANÁLISE MORFOESTRUTURAL (DÚCTIL)**

#### **5.3.1 - Altos e Baixos Estruturais**

O mapa de contorno dos altos e baixos estruturais e topográficos foi elaborado para identificar as áreas de maior potencial erosivo e definir quais as áreas favoráveis para o tipo de uso proposto nesse trabalho, conforme as recomendações proposta por Shimbo (2006) já apresentadas (fig. 16).

Della Justina (2009) também evidenciando a importância do mapeamento dos altos e baixos estruturais, da mesma forma apresentou as características de cada morfoestrutura bem como recomendações para seu uso apontando as potencialidades e limitações (fig. 17).

Dessa forma, o mapa com os contornos morfoestruturais da Folha Porto Velho foi finalizado para atender a finalidade dos objetivos propostos, onde foram classificados os Altos e Baixos Estruturais e Topográficos.

As duas formas principais mapeadas na área de estudo foram os Altos Estruturais e Altos Topográficos, predominantemente na porção sul da Folha Porto Velho, e os Baixos Estruturais e Baixos Topográfico na porção central, conforme a mostrado no mapa a seguir (fig. 37):

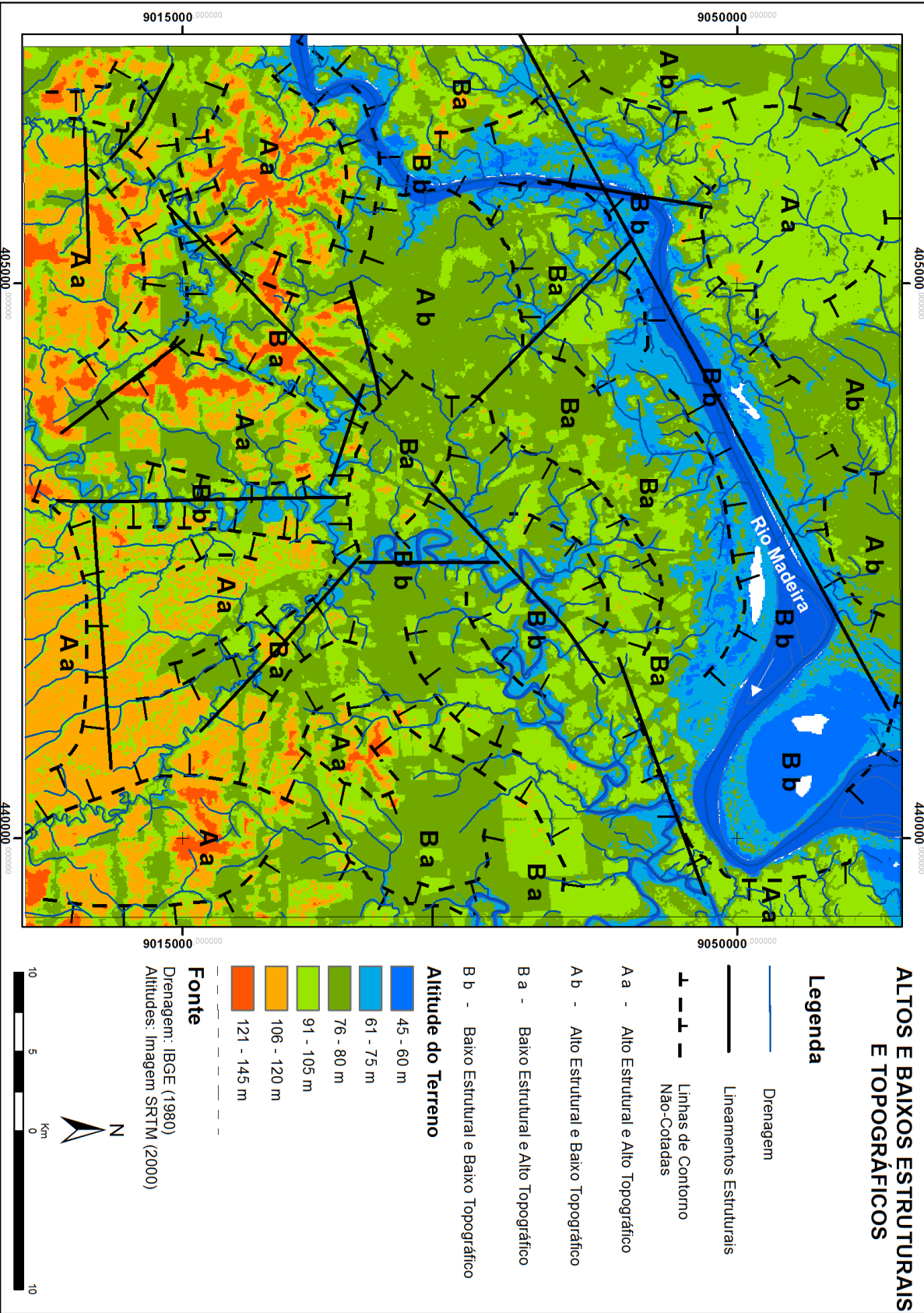
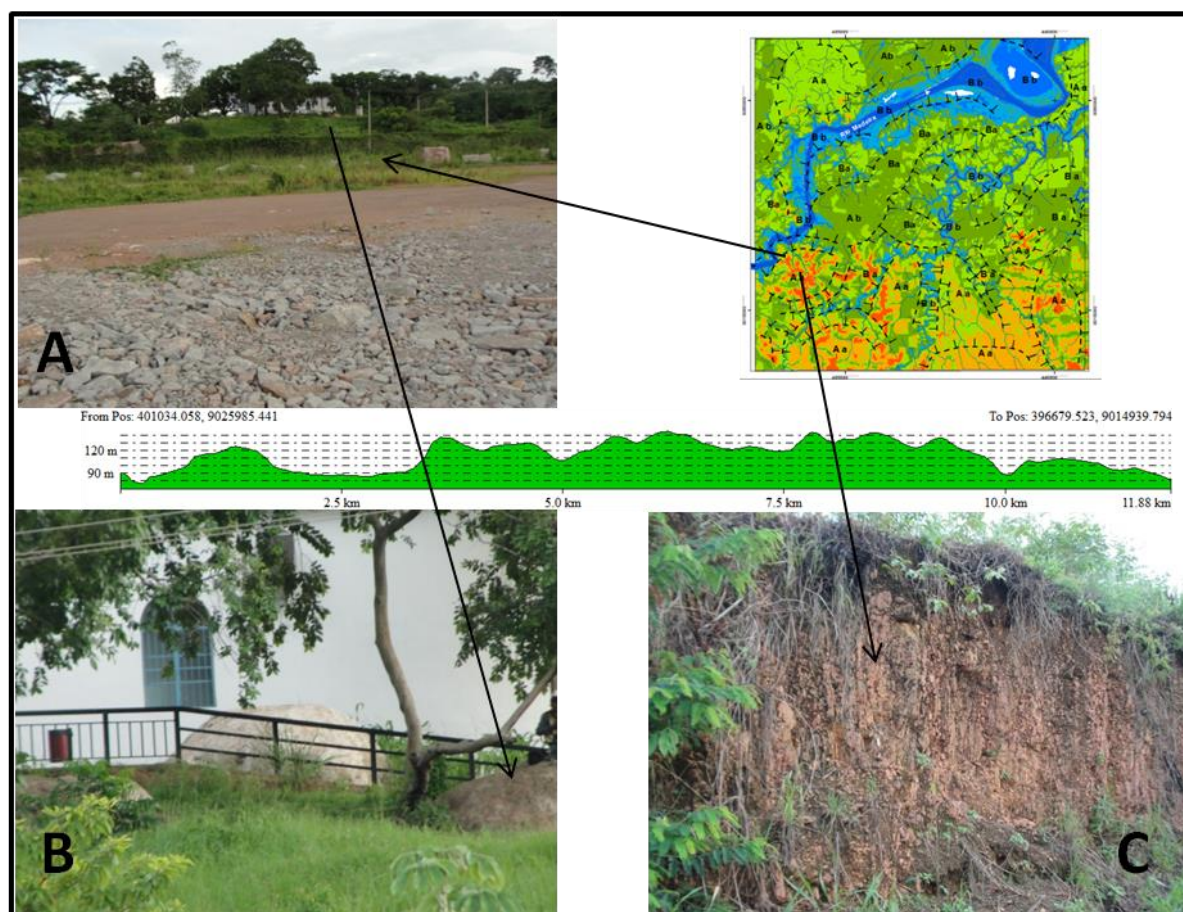


FIGURA 37: Mapa de Altos e Baixos Estruturais e Topográficos da Folha Porto Velho

### 5.3.2 – Características Das Áreas De Altos e Baixos Estruturais e Topográficos

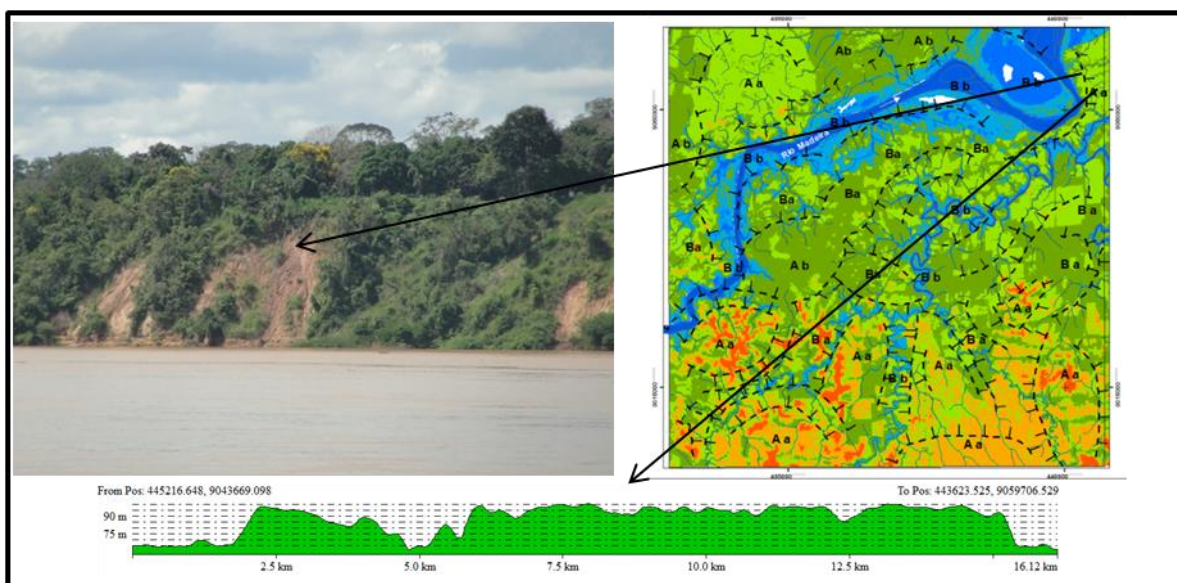
Conforme o mapa das linhas de contorno das morfoestruturas dúcteis, nota-se que os Altos Estruturais e Topográficos localizam-se predominantemente na porção sul, e com menor predominância nas porções sudeste, sudoeste e noroeste e uma pequena parte a nordeste da Folha Porto Velho. Essas feições, com exceção do alto estrutural presente a sudoeste, estão relacionadas as formações graníticas Santo Antônio e Serra da Providência. A sudoeste as estruturas relaciona-se aos paleoterraços não dissecados.

A estrutura A/a localizada na parte sudoeste da área de estudo está relacionada aos terraços não dissecados, soerguidos pela influência da cadeia Andina que ocasionou também a migração do leito do rio Madeira para Leste refletindo dessa forma na configuração atual desses terraços (QUADROS *et al*, 1996). Segundo Brasil (2007) a ocorrência desses terraços se dá entre os municípios de Porto Velho e Humaitá com altitudes máximas acima de 100 metros.



**FIGURA 38:** Alto Estrutural com Alto Topográfico localizado a margem direita do rio Madeira nas proximidades da cachoeira de Santo Antônio, onde hoje está construída a Hidrelétrica de Santo Antônio, com afloramentos de rochas graníticas (fotos A e B) e uma extensa cobertura Laterítica (foto C).



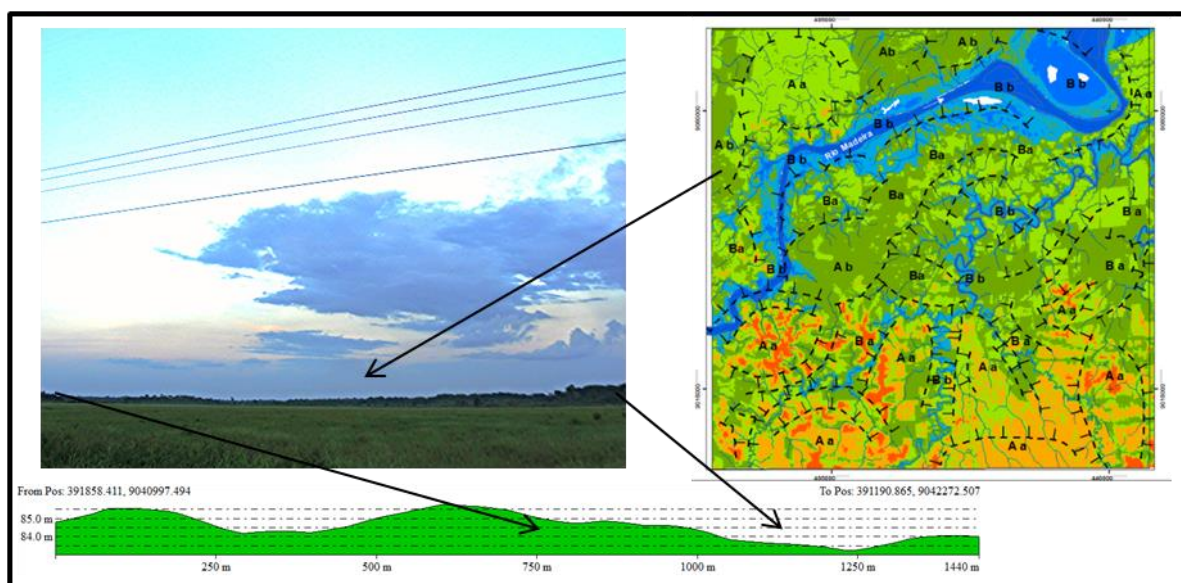


**FIGURA 39:** A/a – Alto Estrutural com Alto Topográfico na margem direita do rio Madeira, o qual exerce parte do controle do arco estrutural do rio Madeira próximo ao distrito de São Carlos. Este A/a localiza-se entre o arco e a calha do rio Jamari, tendo como embasamento geológico a formação Serra da Providência.

Os Altos Estruturais com Baixos Topográficos são representados pelas letras A/b e estão distribuídos na parte central da área de estudo, como também a leste, norte e noroeste, dispostas em áreas com altitudes médias entre 76 e 90 metros e com relevo levemente suave (fig. 40).

A característica de baixo topográfico nessas áreas de A/b, favorece a formação de solos argilosos em virtude do formato embaciado sobre os altos estruturais, característica essa observada durante trabalhos de campo por terra e aéreo onde foi possível verificar diversas indústrias de cerâmicas próximas aos pontos de extração de argila.

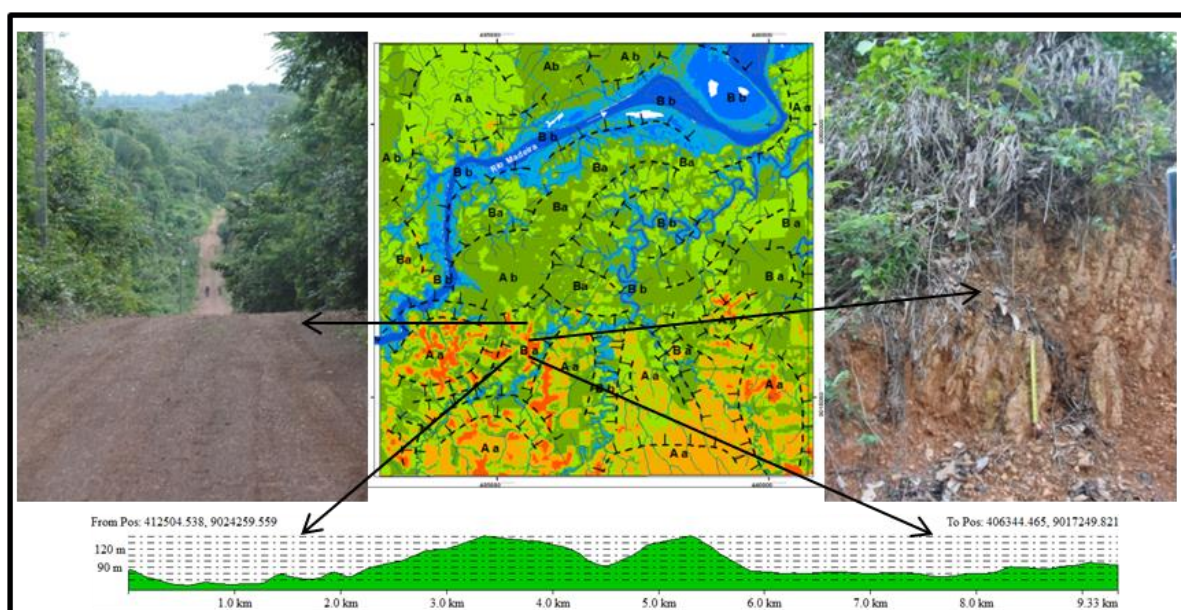
Essas morfoestruturas com baixo topográfico, exercem uma influência negativa em parte do sítio urbano do município de Porto Velho, mas especificamente nos bairros Lagoa, Lagoinha e Três Marias, haja vista ocorrer frequentes alagações nesses bairros por conta do relevo aplanado.



**FIGURA 40:** A/b - Alto Estrutural com Baixo Topográfico na região dos paleoterraços na porção noroeste da área de estudo.

As áreas de Baixos Estruturais e Altos Topográficos estão representadas pelas letras B/a, onde a topografia pode apresentar-se com altitudes que podem variar de 76 até a 135 metros. Essas feições ocorrem a oeste, leste e na parte central, sempre próximos das calhas dos principais rio nas áreas de baixos estruturais.

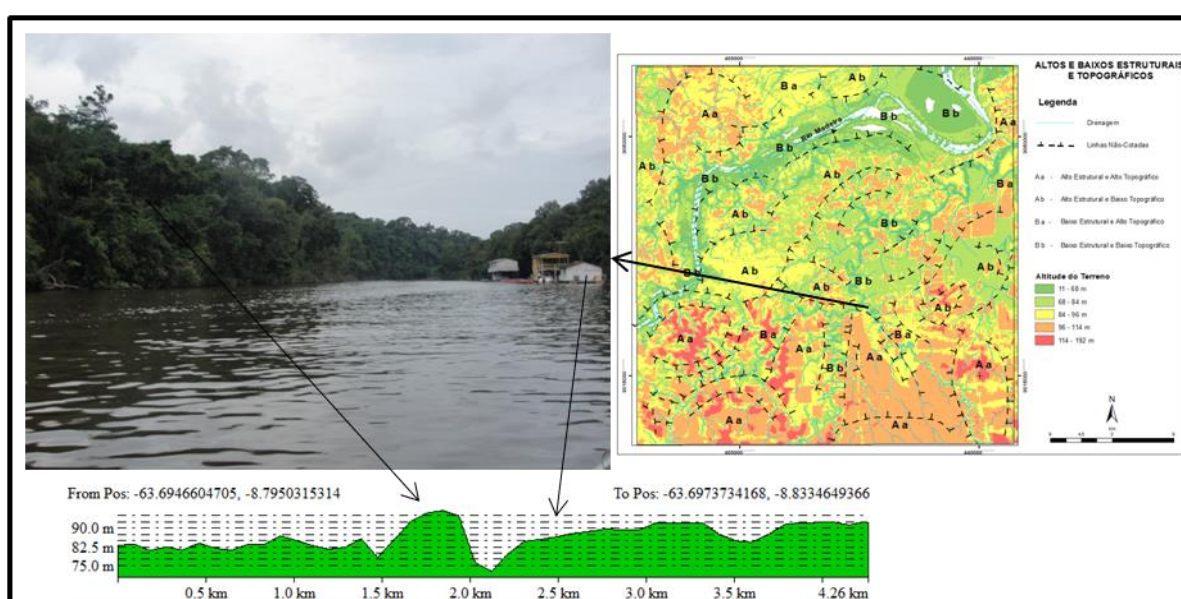
Na porção centro-sudoeste em terreno laterítico fortemente estruturado (fig. 41), ocorre área de Baixo Estrutural com Alto Topográfico com altitude topográfica superior a 100 metros. Nessa área a configuração da baixa estrutura favorece o acumulo de argila onde também pôde ser observada a existência de diversas indústrias de cerâmicas, observada durante a pesquisa de controle de campo.



**FIGURA 41:** Baixo Estrutural com Alto Topográfico em formação laterítica acima de 100 metros de altitude.

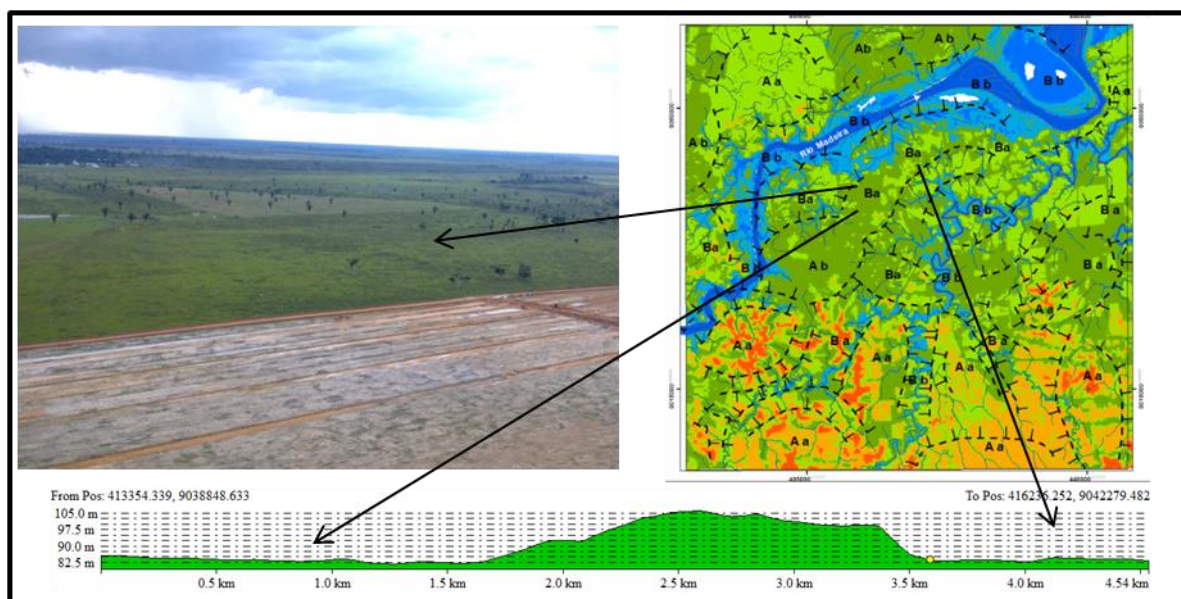
Na porção central da área de estudo, nas proximidades da confluência do rio Preto com o rio Candeias (fig. 42), foi possível identificar altos topográficos com baixo grau de dissecação do relevo em área de baixo estrutural.

Foi possível observar também que as morfoestruturas B/a tendem a formar um eixo com direções predominantemente disposto a NE-SW.



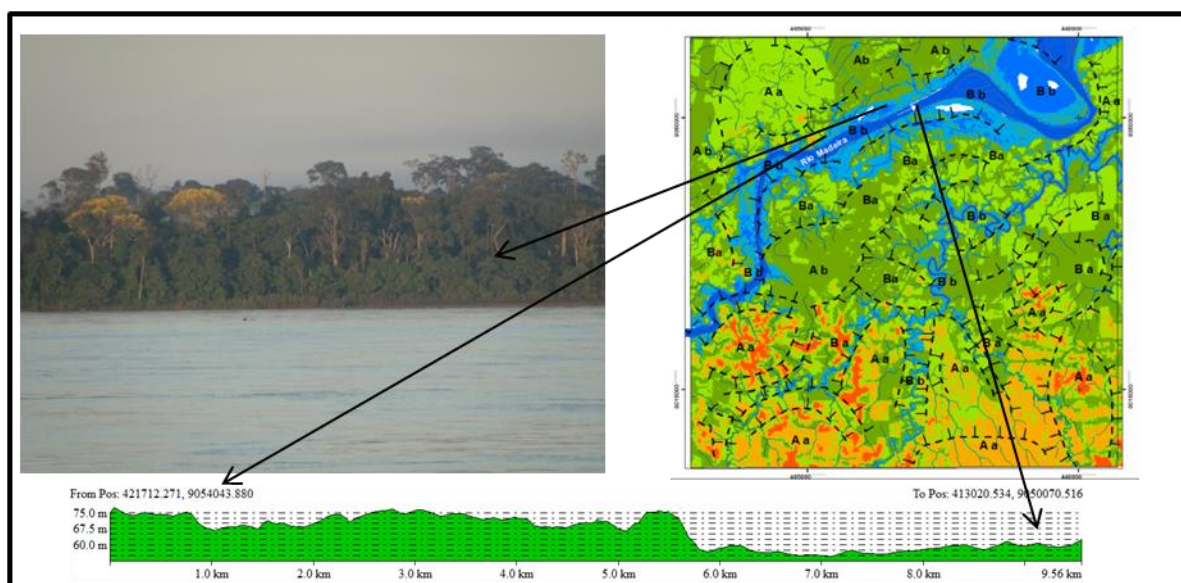
**FIGURA 42:** Baixo Estrutural com Alto Topográfico no vale do Rio Preto, próximo à confluência com o rio Candeias.





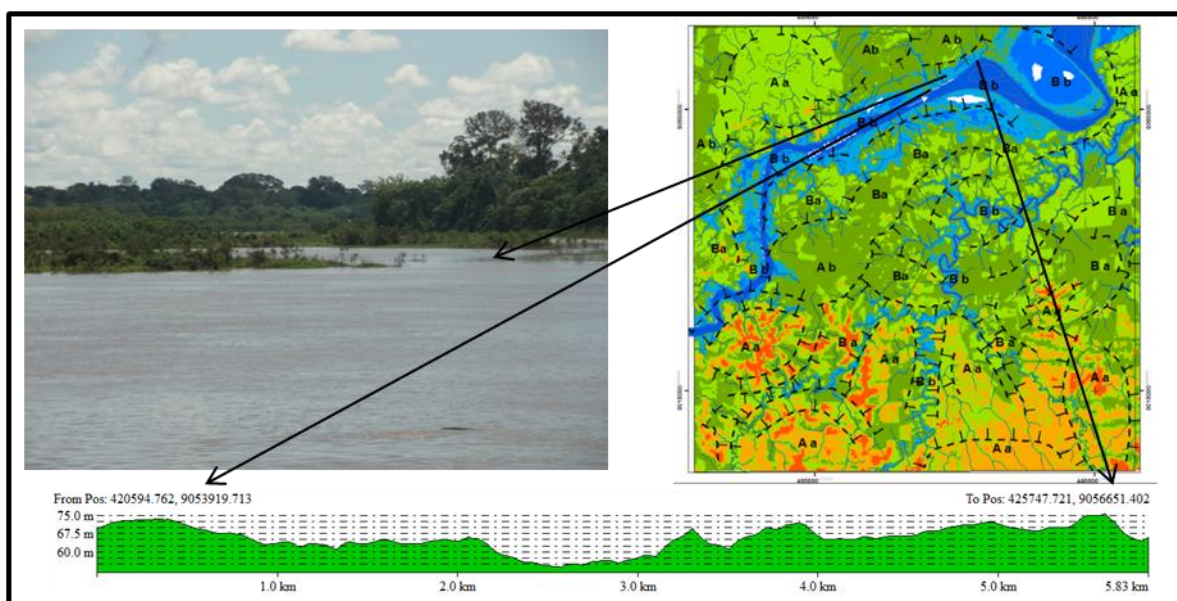
**FIGURA 43:** Área de Baixo Estrutural e Alto Topográfico próximo ao rio Madeira com altitude aproximada entre 80 a 105 metros.

As áreas de Baixos Estruturais com Baixos Topográficos ocorrem expressivamente ao longo da calha do rio Madeira (fig. 44 e 45) e do rio Candeias.



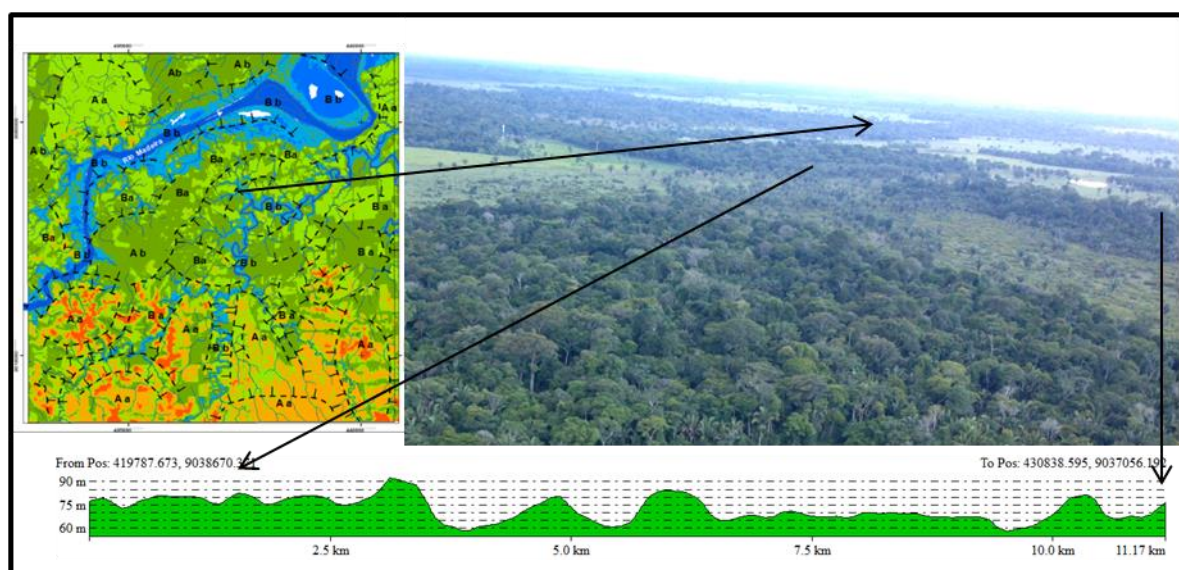
**FIGURA 44:** Baixo Estrutural e Baixo Topográfico à margem esquerda do rio Madeira.





**FIGURA 45:** Baixo Estrutural e Baixo Topográfico à margem esquerda do rio Madeira, no período de cheia do rio. Essa área nos períodos secos é uma região de terra firme, porém fica submersa periodicamente.

No rio Candeias forma-se um grande baixo estrutural bastante fraturado e de alta densidade de drenagem (fig. 46). Os principais lineamentos que exerceram influência no basculamento desse grande baixo estrutural foram os lineamentos Tupinambarana (N60E) e Garça Baixo-Candeias (NE-SW), perpendiculares aos lineamentos Araras (NW-SE) e 11 de Maio (NW-SE).



**FIGURA 46:** Área de Baixo Estrutural e Baixo Topográfico. A margem esquerda do rio Candeias.

Hipotetiza-se que este grande Baixo Estrutural seja resultado de cisalhamento com eixo compressivo NW-SE onde se originou fraturamentos com direções NE-SW e NW-SE como também reativou fraturas pré-existentes, as quais são refletidas nesta parte da área de estudo a partir da alta sinuosidade do canal do rio Candeias que sofre uma transferência sucessiva de controle estrutural concentrado nesse ponto. Essa concentração é confirmada a partir da alta densidade de lineamentos estruturais presentes nessa área.

Quanto aos eixos de direção, indicam a disposição sequencial das formas (altos e baixos estruturais) as quais mostraram conformantes aos lineamentos estruturais presentes na área de estudo que representam limites entre os blocos negativos e positivos, definindo bem a configuração compartimentada dessas formas (fig. 47).

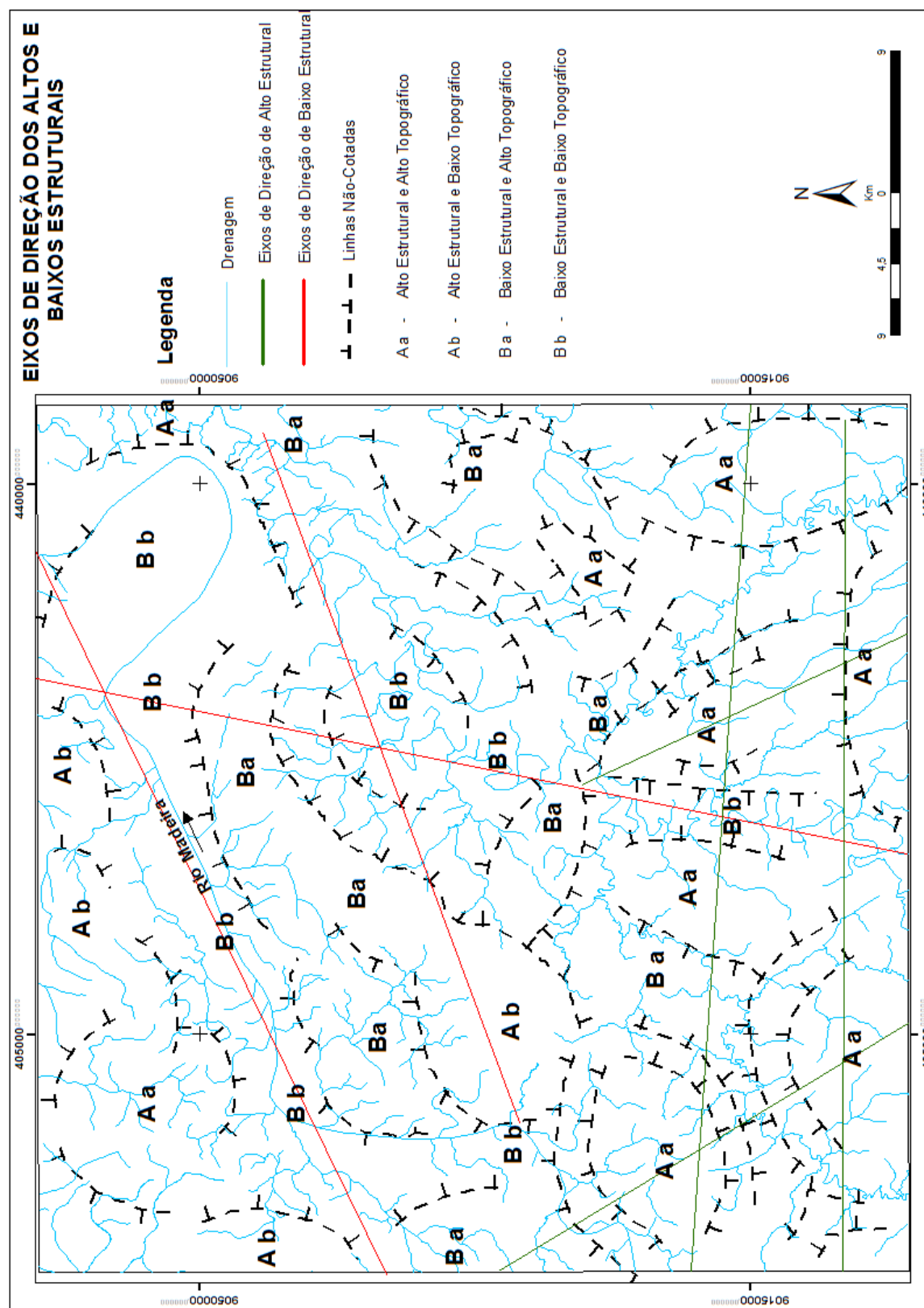
Madrucci (2003 p.47) analisando morfoestruturas em estudos sobre aquíferos em terreno fraturado confirma que os lineamentos estruturais exercem grande influência no formato das morfoestruturas dúcteis, causando descontinuidades e formatos anômalos.

Na área de estudo os eixos direcionais das morfoestruturas dispõem-se da seguinte forma:

✓ Altos Estruturais e Altos Topográficos - Na porção norte perpendicularmente às calhas dos rios Das Garças, Candeias e Rio Preto com orientação E-W, conformantes aos lineamentos estruturais Garça-Rio Novo N85W (fig. 28) e lineamento Santo Antônio-Rio Preto N75W (fig. 28), principalmente. Os lineamentos que cruzam com os conformantes aos eixos são os lineamentos João Romeu N20E (fig. 27), lineamento Baixo Rio Preto NW-SE (fig. 28), lineamento Médio Candeias N-S (fig. 29) e lineamento Inter-Rios N5E (fig. 29) estabelecendo assim a compartimentação de altos estruturais com alto topográfico na porção sul, sudeste e sudoeste da área de estudo. As estruturas existentes na porção noroeste possuem o eixo orientado na direção N30E com influência principal do lineamento Madre de Dios-Itaquatiara N60E (fig. 27), do lineamento Alto-Cuniã N5E (fig. 29) e por outro lineamento demarcado pela CPRM, sem denominação, com direção N5E (fig. 29). Na porção nordeste, a estrutura não apresenta eixo de direção com as demais estruturas da Folha Porto Velho, mas sim com demais estruturas presentes fora da delimitação da área de estudo, com direções NE-SW e NW-SE. Nesta parte do terreno a morfoestrutura compartimenta-se sob a influência da falha Madre de Dios-Itaquatiara N60E, lineamento Garça-Baixo Candeias NE-SW (fig. 27) e lineamento 26 de Janeiro NW-SE (fig. 28).

✓ Baixos Estruturais e Baixos Topográficos – Esses eixos ocorrem expressivamente na calha do rio Madeira paralelo ao lineamento Madre de Dios-Itaquatiara N60E e em parte da calha do baixo curso do rio Candeias conformante

com o lineamento Tupinambarana N60E, ambos os eixos com influência do lineamento Médio Candeias N-S e do lineamento Araras NW-SE. Demais eixos direcionais principais dessas morfoestruturas estão direcionados a NW-SE e a NNW-SSE ambos conformantes com a direção do lineamento Araras NW-SE e descontinuados estruturalmente pelos lineamentos Madeira-Quatorze de Abril NE-SW e Tupinambarana N60E.

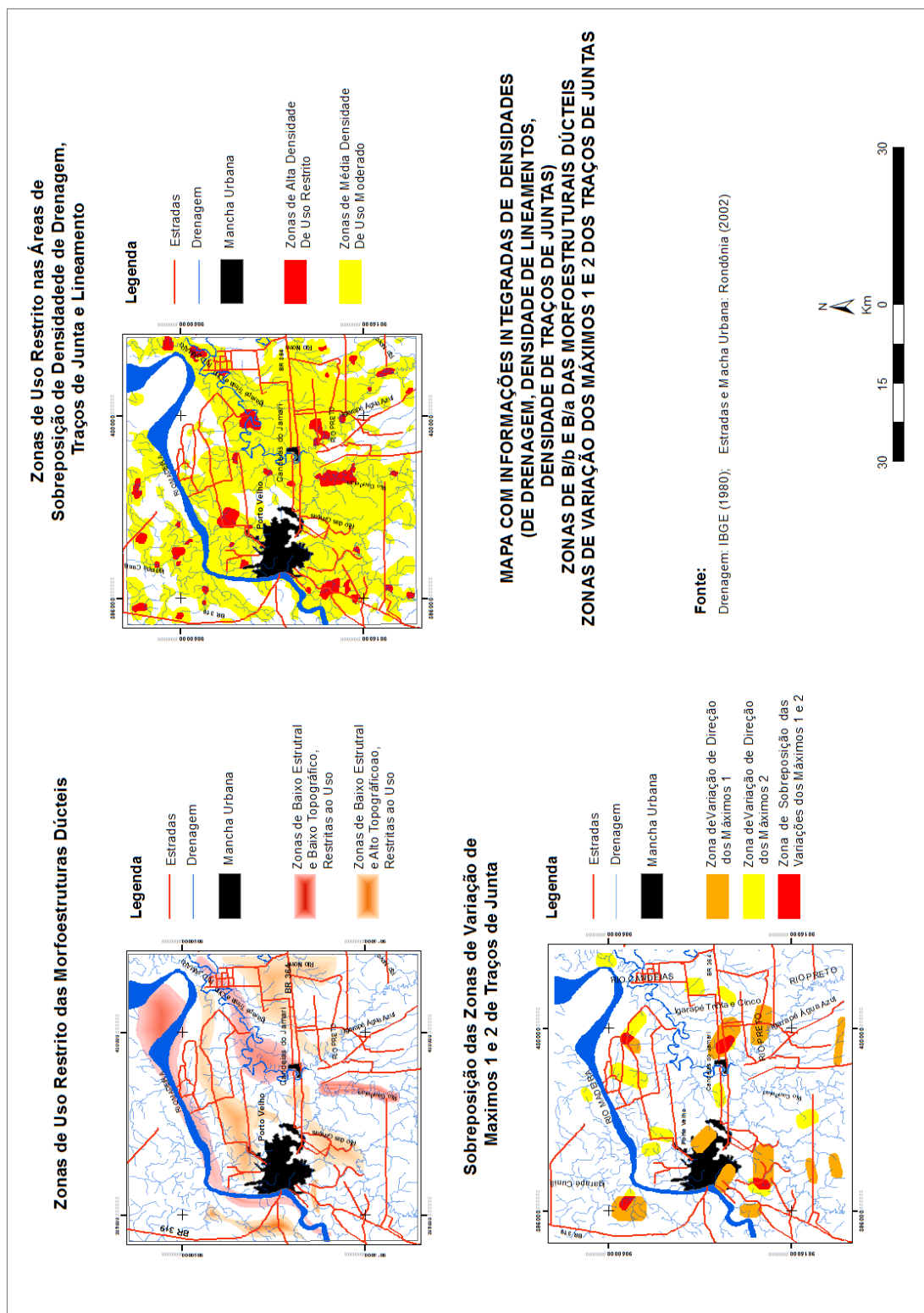


**FIGURA 47:** Mapa De Eixos Direcionais dos Altos e Baixos Estruturais.

## 5.4 – INTEGRAÇÃO DOS RESULTADOS

Os mapas produzidos a partir das informações obtidas com a aplicação da metodologia apresentam resultados individuais que necessitam ser integrados uns aos outros, para que através da validação dessas diferentes metodologias para avaliação de fragilidades, seja verificada onde as áreas de fragilidade apontadas por cada método se sobrepõem.

Para tanto, em uma primeira aproximação foram organizados três mapas (fig. 48), cada um conforme a metodologia empregada, onde o primeiro apresenta as zonas de uso restrito das morfoestruturas dúcteis. Essas zonas referem-se as áreas de Baixo Estrutural e Baixo Topográfico – Bb representado no mapa pela cor vermelha, como também as de Baixo Estrutural e Alto Topográfico – Ba representado no mapa pela cor laranja, as quais são consideradas inviáveis para o tipo de uso proposto nesse trabalho. O segundo mapa apresenta as zonas de uso restrito, definidas a partir das densidades de drenagem, densidades de lineamentos e densidades de traços de junta, apontando todas as zonas com limitações. As zonas consideradas como sendo de Alta Densidade estão representadas no mapa pela cor verde e as de Média Densidade consideradas como sendo de média densidade, estão representadas pela cor amarelo. O terceiro mapa é de zonas de variação de traços de juntas 1 e 2, e sobreposição dessas zonas de variação. Esse mapa evidencia as zonas onde ocorreram mudanças no campo de tensão na área de estudo que é refletida em superfície pela mudança de direção dos máximos dos Traços de Junta.



**FIGURA 48:** Mapa Integrado com Informações das Áreas de Fragilidade nas Zonas de Morfoestruturas Dúcteis, Zonas de Densidades e Zonas de Traços Juntas.

O objetivo de agrupar os resultados em grupos homólogos de metodologias visa colocar de maneira bastante didática, o que representa cada mapa com suas respectivas informações.

Para alcançar o mapa final dessa análise morfoestrutural e apontar as áreas adequadas ou não ao uso proposto, em uma segunda aproximação, os três mapas anteriormente apresentados foram sobrepostos, ficando em evidência todas as zonas que devem ser evitadas durante a escolha de um traçado de estradas e rodovias. Essas informações auxiliaram na escolha de dois traçados esquemáticos propostos para esse mapa final (fig. 49).

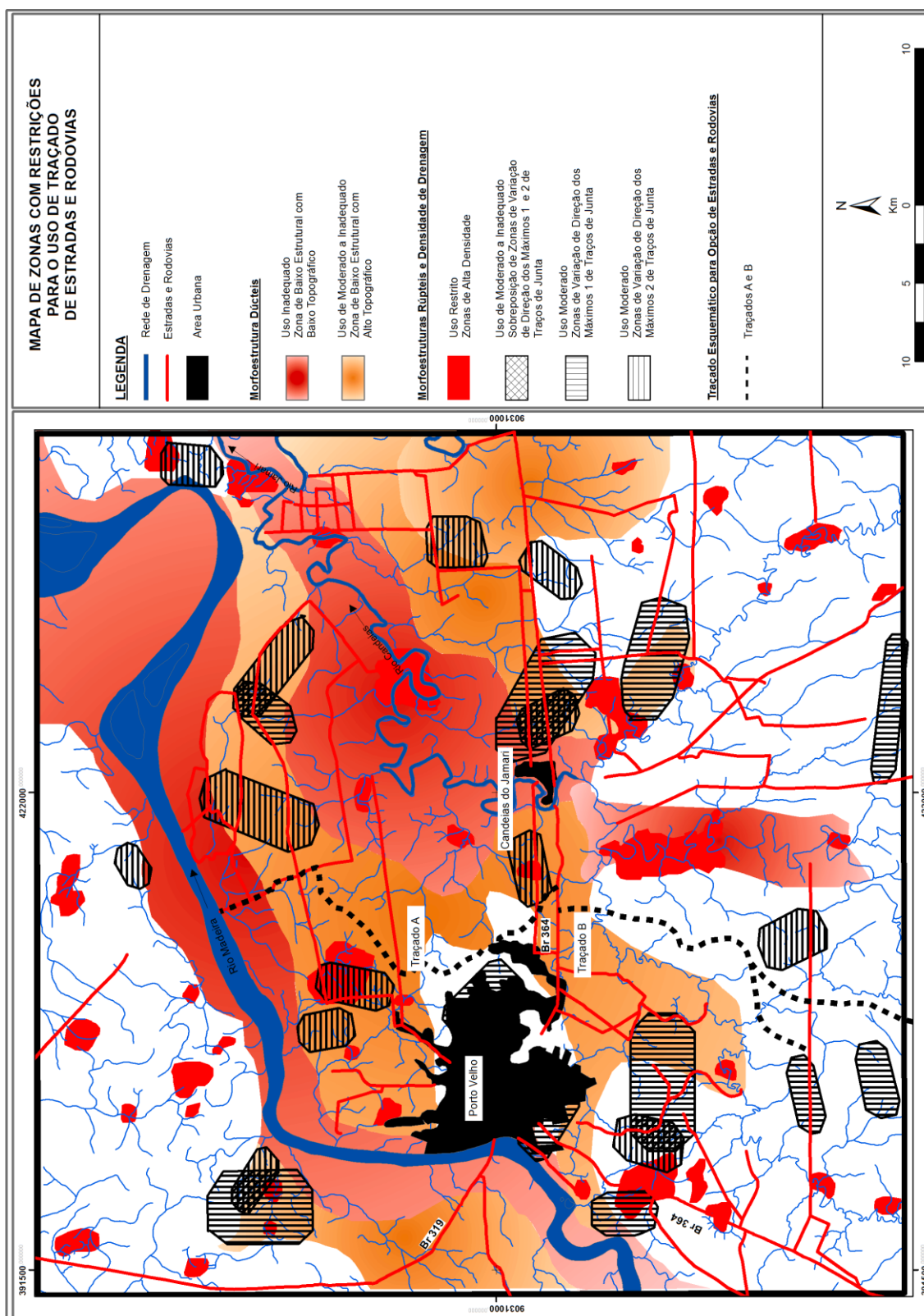
Para as informações a cerca das morfoestruturas dúcteis, apenas foram contempladas no mapa as formas que apresentam fragilidades e que são pouco adequadas ao uso, as quais estão representadas no mapa através das zonas com gradiente de cor vermelha que se refere aos Baixos Estruturais e Baixos Topográficos e nos gradientes de cor laranja que refere-se as zonas de Baixo Estruturais e Altos Topográficos.

As zonas de densidade múltiplas (drenagem, lineamento e traço de junta) estão representadas pelos polígonos na cor vermelha. Para esse mapa final, optou-se por utilizar apenas as zonas de densidade com restrições.

As zonas com as variações das direções dos máximos 1 estão representadas pelos polígonos preenchidos com linhas na vertical e localizam-se principalmente nas áreas de alto estrutural da Folha Porto Velho. As zonas com as variações de máximos 2 estão representadas pelos polígonos com linhas na horizontal e são as mas presentes nas áreas de baixos estruturais. As zonas que se sobrepõem, ocorrem na parte oeste da área de estudo sobre a formação geológica Santo Antonio. Outro ponto em evidencia que ocorrem as sobreposições de zonas de variação de máximos é na parte central próximo a mancha urbana de Candeias do Jamari, local este que anualmente sofre com erosões na BR 364 que atravessa essa área de sobreposição de máximos 1 e 2.

Com base nos critérios metodológicos apresentados, foram definidos dois traçados de estradas e rodovias levando em conta a viabilidade e a utilidade de suas construções. Esses dois traçados foram denominados de traçado A e traçado B, onde dão acesso respectivamente da BR 364 para a margem direita do rio Madeira e para a continuação da BR 364 no sentido Acre, desviando-se da região central do de Porto Velho.





**Figura 49:** Mapa com traçado esquemático de eixos de rodovias nas zonas homólogas de altos e baixos estruturais e topográficos, e também zonas de densidade de drenagem, lineamentos, traços de junta e zonas de variação de direção dos máximos 1 e 2 dos traços de junta e sobreposição de máximos.



## 6 – ANÁLISE INTEGRADA

As diretrizes e normas do DNIT (2006) para delimitação de traçados de rodovias, que determinam que sejam levados em consideração antes da tomada de decisão estudos referentes às condicionantes do meio físico que apontem as áreas adequadas e não adequadas para a delimitação dos traçados.

As diferentes metodologias de análise morfoestrutural aqui apresentadas, nos indicou as zonas de maior fragilidade ambiental, como também o mapa de contorno das morfoestrutura dúcteis onde o relevo foi compartimentado em zonas de altos e baixos estruturais e topográficos, que conforme o que foi encontrado na literatura pôde-se avaliar quais as áreas mais favoráveis para usos múltiplos.

Referente a construção de estradas e rodovias, Shimbo (2006) apresenta o seguinte quadro:

	Alto Topográfico Alto Estrutural	Baixo Topográfico Alto Estrutural	Baixo Topográfico Baixo Estrutural	Alto Topográfico Baixo Estrutural
Estradas	Adequado	Adequado a moderado	Inadequado	Moderado a inadequado

**FIGURA 50:** Quadro das Potencialidades e limitações das morfoestruturas dúcteis. Adaptado de Shimbo (2006).

O quadro apresentado nos mostra que as feições morfoestruturais ideais para o traçado de rodovia é a que apresenta Alto Estrutural com Alto Topográfico. Nessas áreas devido a estrutura dômica e topografia elevada, ocorre dispersão de água não favorecendo com isso a ocorrências de alagações. A geomorfologia da área mostrou-se bastante conformante com as formas de Alto Estrutural e Alto Topográfico apontando ao sul áreas denudacionais com baixo grau de dissecação e ao norte os paleoterraços não dissecados.

Os Altos Estruturais com Baixos também são indicados para uso por razão da mesma conformação morfoestrutural, porém de maneira moderada haja vista sua

baixa topografia e suscetibilidade a erosão, considerada como sendo de moderada a forte.

Os Baixos Estruturais com Baixos Topográficos não são indicados para esse tipo de uso devido a sua configuração ser favorável a ocorrência de pontos de alagação e ainda possuir alta suscetibilidade a erosão considerada como sendo muito forte. Os Baixos Estruturais com Altos Topográficos, embora possua relevo mais elevado considera-se que uso seja de moderado a inadequado, e a suscetibilidade a erosão é considerada como sendo de muito forte a moderada. É importante atentar para o fato de que na área de estudo ocorre um dos maiores índices de médias anuais de precipitação do estado de Rondônia entre 2200 a 2300 mm (fig. 03), o qual pode influenciar na potencialização dos processos erosivos como também em pontos de alagação.

Do mapa de densidades foram escolhidas apenas as zonas consideradas de Alta Densidade e, portanto restrito para o uso de construção de estradas e rodovias. Todas as três densidades que estão agrupadas (drenagem, lineamentos e traços de junta) apenas as consideradas de Alta Densidade são restritivas para uso, as demais são de uso moderado e adequado. Por essa razão optou-se por incluir apenas uma zona.

Conforme a literatura, as limitações das zonas de densidade se dão por dois motivos, uma referente a drenagem pelo fato de existir uma alta concentração de canais da rede de drenagem, a qual demanda construções de pontes e galerias gerando com isso um aumento nos custos da obra empreendida, e outra referente aos lineamentos e traços de junta que se dão pelo fato de que quanto mais fraturado for o terreno, mais suscetível a erosão ele será. Portanto as zonas consideradas como sendo de Alta Densidade de fraturas são bastante propícias a ter uma demanda maior com manutenção e conservação de rodovias existentes dentro dessas áreas.

As densidades sobrepostas as zonas de Altos e Baixos Estruturais favoráveis ao uso (Aa e Ab), apresentaram poucas áreas com alta densidade, predominando áreas de media e baixa densidade.

Observou-se em algumas áreas que, embora ocorra alta densidade de fraturas, o uso destas não foi restrito. Exemplo disso é o trecho da Br 364 próximo a Universidade Federal de Rondônia a sudoeste da Folha Porto Velho. A razão é que em algumas partes da área de estudo existem ocorrências de formações lateríticas,

que pela coesão de seu material rochoso, impede que se estabeleça formação de processos erosivos. Portanto é imprescindível a análise conjunta ao mapa geológico para avaliar as possibilidades de uso em áreas com densidades de fraturas.

Das zonas de variação de direção de máximos 1 e 2 de traços de juntas, a preocupação maior é com áreas onde essas zonas se sobrepõem. Porém observou-se que essas sobreposições tiveram poucas ocorrências, sendo elas na formação granítica de Santo Antônio coberta também por formação laterítica fortemente estruturada, o que torna menos ativa os efeitos da alta suscetibilidade a erosão.

As zonas de variação de direção de máximos que não se sobrepõem não são consideradas de uso restrito, porém seu uso deve se dar de forma moderada pela razão de também serem áreas suscetíveis a erosão, haja vista que em virtude do terreno ser fraturado, existem nessas áreas uma atividade mais intensa de percolação e consequentemente alteração.

Referente aos traçados esquemáticos para estradas e rodovias que foram propostos nesse trabalho, contemplou-se no mapa final, que além de levar em consideração as zonas apontadas como adequadas ao seu uso, buscou-se também uma razão estratégica para esses referidos traçados.

Optou-se então por desenvolver um traçado que dá acesso da BR 364, entre a cidade de Candeias do Jamari e Porto Velho, até a margem direita do rio Madeira encurtando a distância e evitando a mancha urbana da cidade de Porto Velho no intuito de propor uma via de escoamento de mercadorias que vem da região centroeste para a hidrovia do rio Madeira, que em seguida seguiria em direção ao porto de Manaus – AM e Belém - PA. Conforme consta no mapa final (fig. 49) essa via foi denominada de “traçado 01”.

Uma segunda sugestão de traçado proposto no mapa final, denominado de “traçado 02” (fig. 49), inicia-se na BR 364 nas proximidades do “traçado 01”, que visa desviar o fluxo de caminhões e carretas que tem como destino as cidades de Rio Branco - AC e Guajará Mirim – RO, ambas com acesso ao oceano Pacífico através dos países da Bolívia e Peru. Esse trecho alcançaria um ponto na BR 364 distante aproximadamente 20 Km da área central de Porto Velho, porém ocasionaria em uma certa elevação nos custos haja vista a necessidade de construir pontes em dois trechos do rio Das Garças e um trecho do igarapé João Romeu.

## 07 – CONCLUSÕES

O conhecimento acerca das condicionantes e das orientações de uso do meio físico é fundamental na tomada de decisões para construção de rodovias. É necessário tanto do ponto de vista econômico em função de tempo e custos pra construção e manutenção, como também do ponto de vista da segurança de quem a utiliza.

Neste estudo foram empregados vários métodos de análise estrutural para subsidiar na definição do traçado de estradas e rodovias na Folha Porto Velho, os quais se mostraram bastante eficaz em vista dos resultados obtidos através de suas integrações.

A área da Folha Porto Velho foi escolhida devido a sua grande importância por conter o centro urbano da capital do estado de Rondônia, como também é um corredor onde se escoam produtos e mercadorias entre o a região centro-oeste e norte do Brasil por meio das Rodovias BR 364 e BR 319 e pela hidrovía do rio Madeira, bem como tem acesso aos países andinos Bolívia e Peru.

Dessa forma essa pesquisa que visou subsidiar traçados para estradas e rodovias buscou trazer conhecimentos a cerca dessa área para que seu uso possa ser feito da maneira mais adequada possível.

A pesquisa partiu da análise da interpretação da rede de drenagem e do relevo, a qual serviu para extrair os lineamentos e traços de juntas, como também as linhas de contornos das morfoestruturas dúcteis. Na sequência foram realizadas as análises para geração das zonas de densidades da drenagem e dos lineamentos e traços de juntas classificando-as conforme seus graus de suscetibilidades.

O trabalho de campo que serviu para confirmar e validar os dados obtidos a partir do uso de sensoriamento remoto validou as informações e auxiliou na correção de dados que não representavam a realidade em campo.

A limitação apresentada durante a pesquisa foi em relação ao acesso a algumas áreas para controle de campo, haja vista estarem localizadas em áreas de difícil acesso, áreas de acesso restrito referente a áreas particulares, militares e de

proteção ambiental, porém os diferentes meios de transportes utilizados para essa finalidade auxiliaram na potencialização da abrangência do controle de campo.

Ficou conclusivo que a metodologia escolhida para a realização desta pesquisa atendeu aos objetivos propostos, bem como se mostrou muito eficiente através de sensoriamento remoto na identificação e delimitação das feições morfoestruturais.

O uso do geoprocessamento permitiu extrair com segurança e facilidade as fraturas do substrato rochoso que são refletidas na superfície através dos padrões dos canais de drenagem. Permitiu identificar com segurança importantes lineamentos regionais como o Madre de Dios – Itacoatiara, o Araras, o Tupinambarana e o Madeira – Quatorze de Abril, ambos confirmados por diversos autores em outros trabalhos, bem como foi possível identificar e classificar outros lineamentos importantes que controlam estruturalmente a área de estudo.

Foi possível extrair com muita segurança as formas circulares da rede de drenagem, a qual é o reflexo do substrato da área estudada. Essas formas resultaram na identificação e classificação dos Altos e Baixos Estruturais e Topográficos.

Os resultados apresentados quando associados as temáticas da caracterização do meio físico se mostram conformantes com a sistemática ambiental apontando a relação das estruturas não só com a geologia, mas também apresenta nexos com as tipologias geomorfológicas e pedológicas conforme foram relacionadas.

Após realizar as sobreposições dos mapas e classificar quais as áreas adequadas e as não adequadas para o uso aqui proposto, foi possível traçar de maneira lógica, duas opções de rodovias. Uma a jusante e outra a montante do rio Candeias a partir da BR 364. Uma com intenção de ligar a BR 364 ao rio Madeira dando acesso a hidrovia, utilizando parte de estradas pré-existentes. A outra com intenção de criar um anel viário, evitando a região central de Porto Velho, dando continuidade para as cidades de Guajará Mirim e a ponte Binacional, Rio Branco e a Transpacífico.

A metodologia aqui utilizada também pode ser aplicada para outras diversas finalidades, como ferrovias, dutovias, em pesquisas na área de petróleo, escolha de áreas para aterro sanitário, entre outras.

Espera-se que, por meio desta pesquisa, se possa contribuir na tomada de decisões não apenas voltadas para os traçados de rodovias, mas também em múltiplos usos na Folha Porto Velho.

## 08 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMY, A.; ROMANINI, S. J. (Orgs.) **Geologia da Região Porto Velho-Abunã:** folhas Porto Velho (SC.20-V-B-V), Mutum Paraná (SC.20-D-I) e Abunã SC.20-V-C-V) Estados de Rondônia e Amazonas. Brasília: DNPM/CPRM, 1990.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Projeto Radam Brasil:** Folha SC20 Porto Velho. Rio de Janeiro. 1978.

BRASIL, Exército Brasileiro. **DSG Folha Porto Velho SC20VBV:** Escala 1:100.000. 1980.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Manuais Técnicos em Geociências nº 2 – Manual de Normas, Especificações e Procedimentos Técnicos para a Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo – CIM (1:1.000.000).** Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

BRASIL, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER. **Corpo Normativo Ambiental para Empreendimentos Rodoviários.** Rio de Janeiro. 1996.

BRASIL, Ministério do Transporte. **Código de Transito Brasileiro – CTB.** Brasília. 1997.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra.** 1º edição. Rio de Janeiro, 1999.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente; Sedam-RO; Crea-RO. **Sub-Bacias Hidrográficas do Estado de Rondônia.** Porto Velho. 2000.

BRASIL, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER. **Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários.** Brasília. 2002.

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **Diretrizes Básicas para Estudos e Projetos Rodoviários:** escopos básicos / instruções de serviço. - 3 ed. Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL, Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais - CPRM. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Rondônia**: Programa Geologia do Brasil. Porto Velho. 2007.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. 2º Edição. Rio de Janeiro, 2007.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2º edição. Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro. 2009.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª ed. Rio de Janeiro. 2012.

CAETANO, N. R. **Procedimentos Metodológicos para o Planejamento de Obras e Usos: uma Abordagem Geotécnica e Geoambiental**. Tese Doutorado em Geociências e Meio Ambiente. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

CAMPOS A. C. R. **Geologia Estrutural**. In: Mendes, J.C. *Geologia*. Cap. 2, Série 6, Tomo 2. Brasília : Instituto Nacional do Livro. 1972.

CORRÊA, A. C. B. **Megageomorfologia E Morfoestrutura Do Planalto Da Borborema**. Revista do Instituto Geológico, p. 35-52. São Paulo. 2010.

COSTA, J. B. S. A **Neotectônica na Amazônia**. In: Simpósio De Geologia Da Amazônia. Boletim de Resumos Expandidos. Belém. 1996.

DANTAS & ADAMY. **Morfologia do Canal e Processos Erosivo-Deposicionais no Rio Madeira**. Contribuição a Geologia da Amazônia, V. 06. 2010.

DELLA JUSTINA, E. E. **Zoneamento Geoambiental da Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Jarú - RO, como Subsídios ao seu Plano de Manejo**. Tese de Doutorado. UNESP, Instituto de Geociências e Ciências. 2009.



DEMEK, J. **Procedure in Detailed Geomorphological Mapping**. Prague, Czechoslovak. 1972.

FIGUEIREDO, A. J. A.; BARROS, A. M.; EULÁLIO FILHO, A.; RODRIGUES, A. P.; BARRETO, B. F.; PIMENTEL, G. B.; COUTO, J. G. P.; REICHL, J. L.; COSTA, S. A. G.; REZENDE, S. T., F.; PASTORE, W. P.; RIBEIRO, W., P.; BERBERT, C. O.; OLIVATTI, O.; ARAÚJO, A. G.; TRIGUIS, J. A.; MELLO, J. C. R. **Projeto Guaporé**. Goiânia, DNPM/CPRM. 1974.

FLORENZANO, T.G. **Cartografia: In Geomorfologia Conceitos e Tecnologias Atuais**. Oficina de Textos. São Paulo. 2008.

FORTES, F. **A Macroestruturação da Bacia do Amazonas e a Teoria de Expansão da Terra**. V Simposio de Geologia da Amazônia. Belém. 1996.

FRANZONI, A. M. B. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento na Caracterização do Meio Físico para Fins de Traçado e Manutenção de Rede Viária**. Ilha de Santa Catarina – SC. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

GERASIMOV, I. P. **Essai D'Interprétation Geomorphologique du Schéma General de la Structure Geologique de l'URSS. Problèmes de Geographie Physique**. Vol. 12, Tzd. Vo AN SSSR, Moscou, 1946.

GERASIMOV, I.P. & MESCHERIKOV, J.A. **Morphostructure. In The Encyclopedia of Geomorphology**. Ed. R.W. Fairbridge, 731-732, New York: Reinhold Book Co. 1968.

GUY, M. **Quelques Principes e Quelques Experiences Sur la Methodologie de la Photo-Interpretation**. IN: Symposium International de Photo-Interpretation. Paris. 1966.

HASUI, Y. **Neotectônica e Aspectos Fundamentais da Tectônica Ressurgente no Brasil**. SBG/MG. Workshop sobre Neotectônica e Sedimentação Cenozóica Continental no Sudeste Brasileiro, Belo Horizonte, 1990.

HASUI, Y. **Evolução geológica da Amazônia.** In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 5.,1996, Belém. Boletim de resumos de geologia e guia de excursões da Amazônia. Belém: SBG, 1996.

HOWARD, A. D. **Drainage Analysis in Geologic Interpretation: A summation.** The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1967.

IBANEZ, D. M. **Integração de dados de sensoriamento remoto (STRM e RADARSAT-1), geologia, gravimetria e magnetometria para estudo morfoestrutural da área do rio Uatumã, bacia do Amazonas.** São José dos Campos:INPE, 2006.

JIMÉNEZ-RUEDA, J. R.; PESSOTTI, J. E. S.; MATTOS, J. T. **Uso de Sensoriamento Remoto no Zoneamento Agroecológico da Região da Serra do Mar no Estado de São Paulo.** In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE PERCEPCION REMOTA, 4., Bariloche , 1989.

JIMENEZ-RUEDA, J. R.; MATTOS, J. T. **Levantamentos Geoambientais e suas Aplicações Múltiplas: Especificações e Procedimentos.** Rio Claro-SP: Pós-graduação em Geociências e Ciências Exatas, 1992.

JIMENEZ-RUEDA, J. R. **Caracterização das Coberturas de Alteração Intempéricas e suas Múltiplas Aplicações na Região Centro-Oeste do Estado de São Paulo.** Rio Claro, Relatório Final de projeto auxílio a pesquisa FAPESP (nº 89/3495-0), 1993.

JIMENEZ-RUEDA, J. R.; NUNES, E.; MATTOS, J.T. **Caracterização Fisiográfica e Morfoestrutural da Folha São Jose de Mapibu - RN.** Geociências, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 481-491, 1993.

KOCHEN, R. **Dutos e Obras Lineares: Condicionantes Geológicas - Geotécnicas para Projeto e Construção.** Revista Engenharia, n.575, p.80-81, 2006.

LEE, S. H. **Introdução ao Projeto Geométrico de Rodovias.** Ed. UFSC, Florianópolis, 2002.

LIMA, M. I. **Introdução à Interpretação Radargeológica**. Rio de Janeiro, IBGE, 1995.

LITHERLAND, M; ANNELS, R. N.; APLETON, J. D.; BERRANOE, J. B.; BLOOMFIELD, K.; BURTON, C. C. J.; DARBISHKE, D.P.F.; FLETCHER, C.J.N.; HAWKINS, M.P.; KUNCK, B.A.; LLANOS, M.A.; MITCHELL, W.I.; O'CONNOR, E.A.; PITFIELD, P.E.J.; POWER, G.; WEBB, B.C. **The Geology and Mineral Resources of the Bolivian Precambrian Shield**. Overseas, Brit. Geol. Surv. 1986.

LOCZY, L.; LADEIRA, E.A. **Geologia Estrutural e Introdução à Geotectônica**. São Paulo. 1976.

MADRUCCI, V.; ARAÚJO, C. C.; TAIOLI, F. **Sensoriamento Remoto, Aerogeofísica e Geoprocessamento Aplicados ao Estudo de Aquífero Fraturado em Terreno Cristalino, Leste do Estado de São Paulo**. Revista Brasileira de Geociências, v. 33 (2), p. 43-52, Jun 2003.

MATTOS J. T.; BALIEIRO M. G.; SOARES P. C.; BARCELLOS P. E.; MENESES P.R.; CSORDAS S. M. **Análise Morfoestrutural com Uso de Imagens MSS-Landsat e Radar para Pesquisa de Hidrocarbonetos no Estado de São Paulo**. São José dos Campos, INPE, RTR/015, 1982.

MATTOS, J. T. **Caracterização do Comportamento Geológico Estrutural na Região da Represa de Furnas (MC), com Dados de Sensoriamento Remoto**. Tese de Doutorado. São Paulo: USP, Instituto de Geociências, 1986.

MATTOS, J. T.; JIMENEZ-RUEDA, J. R.; OHARA, T.; MENDES, M.L. de B.; SANTANA, M. A. **Critérios para Mapeamento de Classes a Erosão de Solos em Imagem TM-Landsat**. In: Simposio Latinoamericano de Percepción Remota, n. 9. Anais IX Simpósio Latinoamericano de Percepción Remota. Cochabamba: SELPER, 2002.

NASA - National Aeronautics and Space Administration. United States Geological Survey (USGS). **Shuttle Radar Topography Mission Data (SRTM)**. Sioux Falls: USGS, 2000.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 2 ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1995.

OHARA, T. **Zoneamento Geoambiental da Região do Alto-Médio Paraíba do Sul/SP com Sensoriamento Remoto**. Tese de Doutorado em Geociências e Meio Ambiente – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1995.

OHARA, T.; JIMENEZ-RUEDA, J.R.; MATTOS, J.T. de; CAETANO, N.R. **Zoneamento Geoambiental da região do Alto-Médio rio Paraíba do Sul e a Carta de Aptidão Física para a Implantação de Obras Viárias**. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, 2003.

O'LEARY, D. W.; FRIEDMAN, J. D.; POHN, H. A. **Lineament, Linear, Lineation: Some Proposed New Standards for Old Terms**. Bulletin of the Geological Society of America, v. 87, n. 9, p. 1463-1469, Jun 1976.

PASSARGE, S. **Geomorfologia**. Trad. Espanhol J. Gómez de Llarena. Barcelona: Labor, 1931.

PECCOL, E.; BIRD, C.A.; BREWER, T.R. **Geographic Information Systems (GIS) and Landscape Mapping: a case study**. XII C.I.G.R. World Congress and AgEng'94 Conference on Agricultural Engineering, Volume 1, p.59-67, Milan, Italy. 1994.

PRESS, F; SIEVER, R. **Para Entender a Terra**. 3ª Edição. Artmed Editora. Porto Alegre. 2006.

PUPIM, F.N. **Análise Morfoestrutural do Município de Rio Claro – SP: Possíveis Aplicações Ambientais**. Revista de Geografia V. especial N. 01. Recife. 2010.

QUADROS, M. L. do E. S.; SILVA FILHO, E. P. da; REIS, M.R.; SCANDOLARA, J.E. **Considerações Preliminares sobre a Evolução dos Sistemas de Drenagens dos rios Guaporé, Mamoré e Madeira, Estado de Rondônia**. Simpósio De Geologia Da Amazônia, 1996. Belém, 1996.

RONDÔNIA, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM. **Boletim Climatológico de Rondônia 2000**. Porto Velho, 2000.

RONDÔNIA, Secretaria de Estado do Planejamento. **Plano Agroflorestal e Pecuário de Rondônia – PLANAFLORO** (banco de dados geográfico). Porto Velho, 2002.

RONDÔNIA, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM. **Boletim Climatológico de Rondônia 2005**. Porto Velho, 2005.

RONDÔNIA, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM. **Boletim Climatológico de Rondônia 2008**. Porto Velho, 2008.

RONDÔNIA, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM. **Boletim Climatológico de Rondônia 2010**. Porto Velho, 2010.

ROSA, Roberto. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 5 ed. Uberlândia: Ed. da Universidade Federal de Uberlândia, 2003.

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia Ambiente e Planejamento**. Ed. Contexto São Paulo. 2007.

SAADI, A. **Neotectônica da Plataforma Brasileira**: esboço e interpretação preliminares. Geonomos. 1993.

SANTOS J. O. S.; HARTMANN L. A., FARIA M. S. G. de, RIKER S. R. L., SOUZA M. M., ALMEIDA M. E., MCNAUGHTON N. J. **A Compartimentação do Cráton Amazonas em Províncias**: Avanços ocorridos no período 2000-2006. In: SBG - Núcleo Norte, Simpósio de Geologia da Amazônia, 9, Belém, 2006.

SHIMBO, J. Z. **Zoneamento Geoambiental como Subsídio aos Projetos de Reforma Agraria. Estudo de Caso: Assentamento Rural de Pirituba II (SP)**. Unesp Rio Claro. ICGE (Tese de Doutorado) Rio Claro, 2006.

SILVA JUNIOR. R. F. **Geografia de Redes e da Logística no Transporte Rodoviário de Cargas: Fluxos e Mobilidade Geográfica do Capital**. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente. 2004.

SOARES, P. C.; FIORI, A. P. **Lógica e Sistemática na Análise e interpretação de Fotografias Aéreas em Geologia**. Notícias Geomorfológicas. Campinas, v. 6, n.32, 1976.

SOARES, P. C.; GUERRA, S. M. S.; BARCELLOS, P. E.; CSORDAS, S. M.; MATTOS, J. T.; BALIERO, M. F.; MENEZES, P. R. **Análise morfoestrutural regional com imagens de Radar e Landsat na Bacia do Paraná**. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, n.3, Anais... Sociedade Brasileira de Geologia, Curitiba: 1981.

SOARES P. C., LUZ M. E. R., REDAELLI R., GUERRA S. M. S. **Análise Morfoestrutural em Fotos Aéreas: Aplicação na Prospecção de Hidrocarbonetos na Bacia do Paraná**. In: Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1982.

STERNBERG. H. O. **Vales Tectônicos na Planície Amazônica?**. Revista Brasileira de Geografia, Ano XII n 4. 1950.

TASSINARI C. C. G., MACAMBIRA M. J. B. **A Evolução Tectônica do Cráton Amazônico**. In: Geologia do Continente Sul-Americano. São Paulo, Ed. Beca, 2004.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C. E. **Metodologia de Interpretação de Dados de Sensoriamento Remoto e Aplicações em Geologia**. São José dos Campos: INPE, Nov 1982.

ZERNITZ, E. R. **Drainage Patterns and Their Significance**. Journal of Geology v40. p. 498-521, 1932.